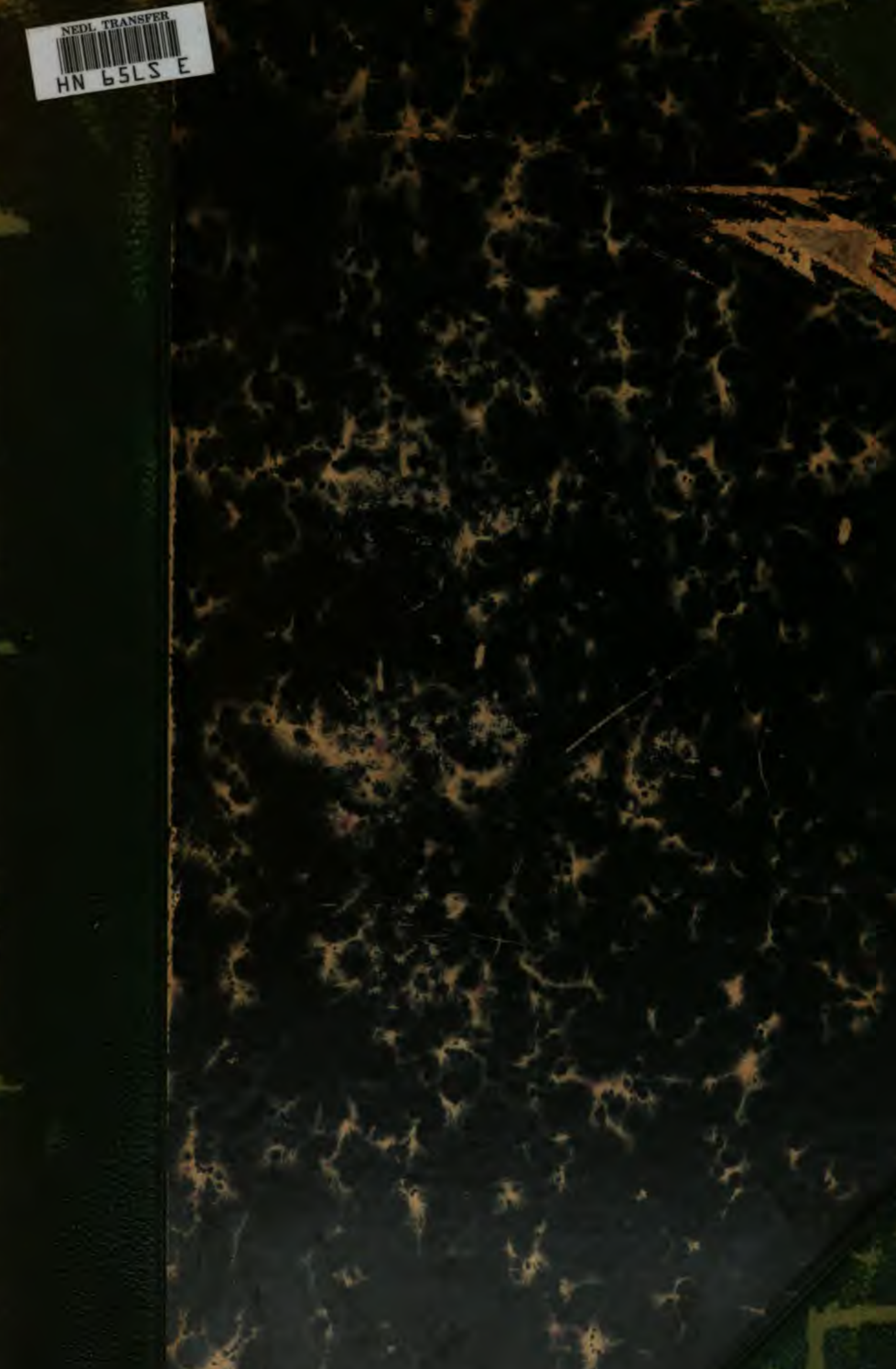
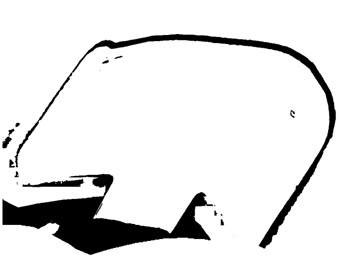

NEDL TRANSFER
HN 6SL2 E



Julien LEFÈVRE

Avec la Collaboration
D'INGÉNIEURS ET D'ÉLECTRICIENS

DICTIONNAIRE d'Électricité ET DE MAGNÉTISME

Illustré de figures intercalées dans le texte

COMPRENANT

LES APPLICATIONS AUX SCIENCES, AUX ARTS ET A L'INDUSTRIE

PRÉCÉDÉ D'UNE INTRODUCTION

Par M. E. BOUTY

AVEC 1120 FIGURES INTERCALÉES DANS LE TEXTE

PARIS
J.-B. BAILLIÈRE ET FILS
1891

Ouvrage complet : 25 fr.

Ader. Ampère. Baudot. Becquerel. Berthon. Bell. Bouty. Breguet. Bunsen. Gaune. ...

Jamin. Leclanché. Lemonnier. Lippmann. Mascart. Matteucci. Maxwell. Mercadier. Morse. Planté. Ruhmkorff. Siemens. Swan. Thomson. Trouvé. Tyndall. Wheatstone. Van Rysselberghe.

DICTIONNAIRE
D'ÉLECTRICITÉ
ET DE
MAGNÉTISME

DICTIONNAIRE
D'ÉLECTRICITÉ

ET DE

MAGNÉTISME

Illustré de Figures intercalées dans le texte

COMPRENANT

LES APPLICATIONS AUX SCIENCES, AUX ARTS ET A L'INDUSTRIE

A L'USAGE

Des Électriciens, des Ingénieurs, des Industriels, etc.

PAR

JULIEN LEFÈVRE

PROFESSEUR A L'ÉCOLE DES SCIENCES DE NANTES

Avec la Collaboration

D'INGÉNIEURS ET D'ÉLECTRICIENS

PRÉCÉDÉ D'UNE INTRODUCTION

Par M. E. BOUTY

Professeur à la Faculté des sciences de Paris.

Avec 1125 figures intercalées dans le texte

PARIS

LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS

19, rue Hautefeuille, près du boulevard Saint-Germain

1891

INTRODUCTION

Notre époque est particulièrement avide de renseignements. A mesure que l'objet de la connaissance humaine devient plus étendu, il semble que, loin de décourager la curiosité des esprits, la multiplicité des notions à acquérir, à pénétrer, à classer, ne fait que l'aviver davantage et que la capacité de nos mémoires, déjà si éprouvées, s'accroît complaisamment en proportion des faits et des idées nouvelles que nous voulons à toute force y loger. Jamais on n'a lu autant qu'aujourd'hui ; jamais les cours et conférences de toute espèce n'ont été plus multipliés. Est-ce vraiment le désir de la jouissance matérielle poussée à l'excès, n'est-ce pas plutôt un irrésistible besoin de savoir qui tourmente et dirige à leur insu nos sociétés modernes ?

Peu de matières scientifiques ont le privilège d'exciter la curiosité générale au même degré que l'électricité et ses applications. C'est qu'ici l'inattendu, le merveilleux, qui nous séduit malgré que nous en ayons, se retrouvent partout jusque dans les objets de l'usage le plus prosaïque ; c'est aussi que les appels à cette curiosité se multiplient journellement autour de nous et jusqu'à nous obséder.

L'électricité nous poursuit partout : dans la rue, où elle lutte avec le gaz pour nous éclairer et avec la vapeur pour nous conduire (*tramways électriques*) ; en chemin de fer où elle a spécialement la charge des signaux et nous protège en cas d'accident ; dans l'usine et dans le petit atelier, où elle distribue la force motrice, dans les gorges des montagnes où elle l'emprunte aux chutes d'eau inutilisées ; au bureau de poste, au théâtre, jusque dans les accessoires de ballet et dans les cheveux des danseuses (*bijoux électriques*) ; à la maison même, où l'électricité devient notre commensale et notre plus précieux serviteur. A notre gré, elle transporte au loin les plus puissants efforts comme les moindres vibrations de la parole humaine : un fil de métal la conduit, inerte en apparence ; une couche de vernis, un peu de paraffine ou de gutta-percha suffit à la détourner ; à la faveur d'actions chimiques convenables, on emmagasine cette foudre disponible comme une simple denrée (*accumulateurs*), ou

plutôt on la convertit en une valeur représentative comme un vrai capital que l'on peut réaliser à volonté, ou transformer de cent manières différentes. Des milliers de savants, d'inventeurs épuisent leur génie à en analyser les propriétés, à en poursuivre les applications ; c'est déjà un sujet si complexe et si touffu dans sa richesse que les traités généraux ne suffisent plus à l'embrasser dans toutes ses parties. Il y faut déjà des dictionnaires.

La science de l'électricité s'est en effet développée avec une rapidité surprenante par la collaboration des ingénieurs et des physiciens ; parfois les applications y ont devancé la théorie, mais plus fréquemment elles l'ont suivie, apportant à chaque nouvelle découverte due à la recherche désintéressée des savants quelque consécration brillante et inattendue. Le siècle dernier ne connaissait que les actions électrostatiques : la loi fondamentale en fut découverte par Coulomb, leur étude eut pour corollaire l'invention du paratonnerre. La pile ne date que d'un siècle, mais pour porter ses fruits pratiques la découverte de Volta devait être fécondée par celles d'Œrsted et d'Ampère qui trente ans plus tard créaient la science de l'électrodynamique, et de Faraday, qui, après une nouvelle période de dix ans, créait celle de l'induction. Les actions mécaniques des courants une fois mises en évidence, les applications ont surgi pour ainsi dire d'elles-mêmes ; en premier lieu la télégraphie électrique qui, imaginée par Ampère, et bientôt rendue pratique par les soins de constructeurs et de spécialistes, est devenue une des nécessités de la vie des nations modernes. Pour parer aux exigences d'un service toujours plus compliqué, les télégraphistes à leur tour ont dû devenir des savants, créer des méthodes, des instruments de mesure d'une délicatesse infinie : on doit à la justice de dire que c'est entre leurs mains que se sont préparées de longue date les inventions dont la multiplication presque subite a rendu possible la brillante *Exposition d'électricité* de 1881 et nécessaire le *Congrès international des électriciens* réuni à cette occasion. C'est dans ce congrès qu'ont été arrêtés les noms nouveaux des unités électriques et que, par un élan de reconnaissance unanime, les représentants autorisés de la science et de l'industrie du monde entier ont rendu à jamais populaires les noms de Coulomb, de Volta, d'Ampère et de Faraday, auxquels on a joint celui plus modeste de Ohm, auteur de la découverte des lois numériques de la conductibilité électrique (*ohm*, *volt*, *ampère*, *coulomb* et *farad*).

Une science qui n'est pas encore en pleine possession d'elle-même ; des notions d'origine très diverse, quelquefois sans lien théorique sérieux ; une langue nouvelle à laquelle les nécessités de l'atelier, la fantaisie ou la vanité

des inventeurs ajoutent incessamment des mots nouveaux qui ne constituent pas toujours une richesse; une synonymie compliquée et parfois bizarre jusqu'à dérouter les savants de profession, tels sont les éléments un peu disparates que doit réunir, coordonner, élucider un dictionnaire d'électricité. L'homme du monde veut y trouver des notions très élémentaires sur les principales découvertes modernes, l'industriel des renseignements exacts sur les diverses sortes d'appareils, leur mode de construction et leur usage, le professeur des exemples simples à introduire dans son enseignement pour le varier et le moderniser, le savant lui-même des indications diverses sur des applications avec le détail desquelles ses études favorites ne l'ont pas suffisamment familiarisé. Tous enfin viendront y chercher des matériaux à utiliser suivant leurs besoins et leur génie propre, mais non des matériaux bruts, sans préparation et sans choix.

En dehors des spécialistes, peu de personnes se feront l'idée nette de la masse de documents qu'il faut compulser pour mener à bien une œuvre comme celle que nous offre aujourd'hui M. J. Lefèvre. Les éléments en sont épars dans des centaines de volumes : traités généraux, traités particuliers, publications académiques, journaux scientifiques et industriels, écrits dans toutes les langues européennes. Bien plus, il faut souvent mettre à contribution sur quelque point les connaissances pratiques des hommes spéciaux, leurs relations scientifiques ou commerciales. Des matériaux ainsi accumulés, à grand'peine, il faut savoir extraire ce qui est vraiment primordial, essentiel; réduire ici au quart, là au centième, de manière à conserver une proportion à peu près rationnelle à toutes ces richesses, et à les rendre assimilables pour un public qu'on doit supposer plus curieux et intelligent que spécialement préparé par de longues études théoriques.

Pour faire un bon dictionnaire d'électricité, il ne suffit donc pas d'être un *électricien :* il faut avant tout faire œuvre de professeur et savoir trouver dans chaque article la matière d'une petite monographie, claire, concise et le plus possible indépendante des autres. Plus certains sujets seront traités d'une manière élémentaire, plus il deviendra indispensable que l'auteur en possède à fond les théories les plus élevées, sous peine d'être inexact en voulant rester bref, ou confus en visant à être complet. M. Julien Lefèvre, ancien élève de l'École normale, agrégé de l'Université, professeur au lycée et à l'École des sciences de Nantes, bien connu de ses maîtres comme un chercheur consciencieux et un professeur intelligent, offrait à cet égard des garanties sérieuses, et se trouvait désigné d'autre part par son habitude de l'enseignement technique. Je crois pouvoir affirmer qu'il a réussi.

Ce n'est pas que tous les articles de son dictionnaire d'électricité nous paraissent d'un mérite uniforme. Toute la partie technique est traitée avec un soin scrupuleux et un grand luxe d'informations ; j'y ai appris pour ma part bien des particularités que j'ignorais; beaucoup de lecteurs, j'espère, feront volontiers le même aveu, et ce n'est pas un petit éloge pour un livre dont l'objet essentiel est d'être un recueil de renseignements. Peut-être aurais-je compté sur quelques développements plus complets et plus modernes, dans la partie théorique, si nécessaire en électricité. Il est vrai que l'ordre dispersé, imposé par les caprices de l'alphabet, se prête bien mal aux nécessités d'un enseignement coordonné, qu'un excellent manuel ainsi découpé ferait peut-être assez triste figure, bref qu'un dictionnaire n'est pas un traité et ne peut y suppléer, que personne enfin ne songera à y puiser des notions qui doivent être considérées comme acquises, et qu'il suffit de rappeler brièvement. C'est à ce point de vue très légitime que s'est placé M. Julien Lefèvre, et bien qu'un grain de coquetterie de plus à l'égard de la théorie n'eût pas été pour nous déplaire, nous reconnaissons volontiers que l'excès opposé aurait eu d'autres inconvénients graves.

Dans l'ordre des applications, il ne suffit pas d'un style net, sobre et précis; il faut savoir parler aux yeux. Un schéma bien choisi, une bonne figure d'ensemble ne sont pas de purs ornements, une simple *illustration* du texte, ils permettent de le rendre très concis sans obscurité et pourraient parfois y suppléer presque entièrement. Celui qui feuilletera d'un œil distrait le dictionnaire de M. Lefèvre sera promptement arrêté par quelque belle gravure qui éveillera sa curiosité et forcera son attention : ce sera pour lui comme une promenade dans une exposition avec un guide à la fois très discret et universellement compétent.

Nous ne pouvons que louer MM. J.-B. Baillière pour le soin typographique qu'ils ont apporté à la publication de ce *Dictionnaire d'électricité:* la multiplicité des gravures, leur choix, leur parfaite exécution contribueront pour une bonne part au succès de cet ouvrage, tant auprès du grand public que chez les hommes spéciaux auxquels il sera plus particulièrement indispensable.

E. Bouty.

PRÉFACE

Il n'est pas besoin de rappeler ici le développement si rapide qu'a pris l'Électricité depuis quelques années. L'Exposition de 1881 réunit pour la première fois les applications déjà nombreuses de cette science, et montra quelle immense variété de services elle peut nous rendre. Depuis cette époque, bien des changements se sont produits; certains procédés ont été abandonnés; d'autres se sont créés ou ont pris un essor inattendu. L'Exposition de 1889 a permis d'apprécier ces modifications. Parmi les merveilles accumulées dans la galerie des machines, l'Électricité tenait une place des plus honorables. Les divers systèmes d'éclairage électrique, les moteurs et les dynamos les plus récents, les applications les plus diverses, étaient largement représentés.

A la suite de cette Exposition, qui a placé sous nos yeux les appareils et les méthodes électriques du monde entier, le moment nous a paru exceptionnellement favorable pour écrire ce Dictionnaire. Nous nous sommes proposé surtout de consacrer la plus large part aux applications de l'électricité et du magnétisme; en conséquence, nous nous sommes appliqué à faire connaître, à côté des appareils en quelque sorte classiques et dont la description ne saurait être omise, le plus grand nombre possible d'appareils nouveaux. D'ailleurs, nous ne nous sommes pas borné aux applications qui ont été imaginées en France; grâce aux circonstances favorables que nous signalions plus haut, nous avons pu y joindre la description de toutes les machines intéressantes employées à l'étranger. Notre ouvrage est donc extrêmement complet, et comme il a été écrit et imprimé en très peu de temps, le lecteur est certain d'y trouver un tableau fidèle et complet des applications actuelles de l'Électricité.

Parmi ces applications, la télégraphie et la téléphonie sont représentées par un certain nombre d'articles qui, réunis ensemble, formeraient un véritable

volume : *isolateur*, *jack-knife*, *microphone*, *relais*, *réseau*, *siphon-recorder*, *taxe*, *télégramme*, *télégraphe*, *télégraphie*, *téléphone*, *téléphonie*, etc.

Des articles très complets sont consacrés aux piles, aux accumulateurs, etc.

Les applications aux chemins de fer sont décrites aussi très complètement dans les articles : *block-system*, *cloche*, *frein*, *intercommunication*, etc.

L'éclairage électrique a fourni la matière des articles : *bougie*, *câble*, *canalisation*, *éclairage*, *incandescence*, *lampe*, etc., dont quelques-uns sont fort détaillés.

Les méthodes et appareils de mesures, les applications électrochimiques, etc., sont également décrits avec soin.

Mais, tout en faisant une large part aux applications, nous n'avons pas négligé la partie théorique. Le *Dictionnaire d'électricité et de magnétisme* contient aussi l'indication de tous les théorèmes et de tous les principes sur lesquels s'appuie la science électrique. Pour cette partie, nous avons cru devoir abandonner complètement la théorie des deux fluides et les hypothèses surannées qu'on trouve encore dans beaucoup d'ouvrages. Tout en évitant de multiplier les calculs, nous avons eu soin de nous conformer aux théories les plus nouvelles; suivant ces théories, nous avons rejeté les explications purement hypothétiques et nous nous sommes borné, à indiquer, en partant des faits d'expérience, les résultats que l'on déduit des propriétés mathématiques de l'Électricité.

Il est à peine besoin d'ajouter que l'on trouvera encore dans ce Dictionnaire l'indication et la définition de tous les termes usités en électricité, et tous les autres renseignements que doit contenir un ouvrage de ce genre.

En outre un supplément a été consacré à réparer quelques omissions, inévitables dans un travail d'aussi longue haleine, et à décrire quelques appareils imaginés pendant le cours de l'impression de notre livre. Nous nous proposons d'ailleurs de compléter ultérieurement ce *Dictionnaire* par un supplément plus étendu.

Le *Dictionnaire d'électricité et de magnétisme* est donc une véritable encyclopédie, dans laquelle chaque lecteur trouvera facilement les articles qui peuvent l'intéresser et les renseignements qui lui sont nécessaires.

Enfin, comme la lecture d'un dictionnaire paraît souvent un peu pénible, nous avons cherché à éviter cet inconvénient et nous espérons y avoir réussi, en adoptant des caractères assez gros et en illustrant le texte par de nombreuses gravures.

En terminant cette préface, nous devons remercier les inventeurs, cons-

tructeurs et auteurs, qui nous ont facilité notre travail en mettant avec empressement à notre disposition les documents qu'ils possédaient, et fréquemment en rédigeant pour nous des notes inédites, et qui ont bien voulu devenir ainsi en quelque sorte les collaborateurs de ce Dictionnaire.

Je citerai en France : MM. Bardon, Carpentier, Chardin, Chateau, Ducretet, Gaiffe, Georges Gillet, Fabius Henrion (de Nancy), Harlé (de la maison Sautter Lemonnier), Henry Lepaute, Maiche, de Meritens, Mildé, Richard frères, Trouvé, Lazare Weiller, Sciama (maison Bréguet), la Société alsacienne de constructions mécaniques, à Belfort.

MM. de Baillehache, Georges Dumont (chemin de fer de l'Est), Pol Lefèvre (chemin de fer de l'Ouest), Sartiaux (chemin de fer du Nord), nous ont fourni d'utiles matériaux pour les applications de l'électricité aux chemins de fer.

A l'étranger : MM. Alioth (de Bâle), Cuenod Sautter (de Genève), Ganz (de Buda-Pesth), Mix et Genest (de Berlin), Mourlon (de Bruxelles), Siemens et Halske (de Berlin), l'*Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft*, à Berlin, MM. Sperry (à Chicago), Swan (à Londres), Thomson-Houston (à Hambourg), Woodhouse and Rawson (à Londres) nous ont adressé de précieuses communications.

Nous avons aussi fait de nombreux emprunts au *Traité d'Électricité et de Magnétisme*, de Gordon, à l'*Histoire de la Téléphonie*, de M. J. Brault, à la *Telégraphie actuelle*, de M. Montillot, enfin, pour la partie théorique, aux excellents ouvrages de MM. Mascart et Joubert.

M. Bouty, professeur à la Faculté des sciences, a bien voulu écrire une Introduction pour notre Dictionnaire. Nous ne pouvions désirer pour notre œuvre un patronage plus élevé, ni une plus haute récompense des soins que nous avons apportés à sa rédaction. Nous sommes donc très heureux, en terminant, d'exprimer à M. Bouty notre vive reconnaissance et de le prier d'accepter nos remerciements les plus sincères.

J. Lefèvre.

Nantes, 30 mars 1891.

DICTIONNAIRE

D'ÉLECTRICITÉ ET DE MAGNÉTISME

A

ABONNEMENT. — Les abonnements aux réseaux téléphoniques urbains sont de deux sortes : l'abonnement principal, qui comporte l'usage d'un poste téléphonique complet et d'une ligne reliant l'abonné à un bureau central, et l'abonnement supplémentaire, qui comporte l'usage d'un poste téléphonique complet, desservi par la ligne de l'abonné principal, et établi dans les locaux reconnus par l'administration comme faisant partie du même immeuble. Le poste téléphonique complet se compose, outre les générateurs d'électricité, d'un appareil récepteur et transmetteur et d'un dispositif d'appel.

Voici les principales clauses du règlement publié à ce sujet au mois de novembre 1889.

Art. 5. — Le matériel de la ligne et les générateurs d'électricité sont fournis par l'État. Les divers appareils composant un poste téléphonique complet et les accessoires qui seraient demandés par l'abonné sont fournis par lui. Il est tenu de les choisir parmi les modèles types indiqués par l'Administration, et de pourvoir à leur renouvellement quand ils sont devenus impropres au service. Ces appareils, avant d'être mis en place, doivent avoir été vérifiés et acceptés par les agents de l'Administration.

La ligne, les postes téléphoniques et les accessoires sont installés et entretenus par l'Administration et à ses frais.

Toutes les détériorations qui seraient le résultat d'un fait extérieur ou d'un usage anormal de l'appareil resteront à la charge de l'abonné.

Art. 9. — Le montant annuel de l'abonnement principal est fixé :

A 400 francs à Paris;

A 300 francs dans les villes des départements où existe un réseau souterrain ;

A 200 francs dans toutes les autres villes de France.

Il est réduit de 50 p. 100 pour les services publics de l'État et de 25 p. 100 pour les services publics des departements et des communes.

Dans les villes où l'abonnement n'est que de 200 francs, l'abonné doit, en outre, comme part dans les frais de premier établissement, une somme de 15 francs par 100 mètres ou fraction de 100 mètres du fil simple. Le montant de cette redevance peut, sur la demande de l'abonné, être réparti sur toute la période de l'abonnement et perçu semestriellement par parties égales.

Le montant annuel de l'abonnement supplémentaire, quand le poste est utilisé, soit par l'abonné principal pour les besoins de son commerce ou de son industrie, soit par ses cessionnaires, est fixé :

A 160 francs à Paris;

A 120 francs dans les départements.

Quand le poste supplémentaire est utilisé par l'abonné principal pour ses besoins personnels, il est fixé à 50 francs à Paris et à 40 francs dans les départements.

Les cercles et établissements ouverts au public acquittent un abonnement double de l'abonnement normal.

Les accessoires installés sur la demande de l'abonné entraînent un supplément d'abonnement égal à 15 p. 100 de la valeur de ces accessoires mis en place, sans que ce supplément puisse être inférieur à 5 francs, toute fraction de franc étant d'ailleurs comptée pour 1 franc.

Art. 10. — L'abonnement court à partir du jour où l'installation du poste permet la communication avec le réseau.

Art. 11. — L'abonnement principal ne peut être consenti pour moins de trois années, calculées à partir du 1er janvier ou du 1er juillet qui suit ladite installation. Mais l'abonnement à des postes supplémentaires peut être consenti pour une période moindre, sans pouvoir être inférieure à une année, calculée à partir du 1er janvier ou du 1er juillet qui suit l'installation du poste supplémentaire, ni supérieure à la période restant à courir sur l'abonnement principal.

Art. 12. — Après la première période de trois ans, l'abonnement se renouvelle d'année en année par tacite reconduction, s'il n'a pas été dénoncé par l'abonné au moins un mois avant son expiration.

Art. 13. — En cas de décès de l'abonné, la durée de son abonnement n'est pas interrompue, et ses héritiers sont solidairement tenus de son exécution.

Art. 14. — L'Administration peut à toute époque mettre fin au contrat, à charge par elle de rembourser à l'abonné les sommes imputables sur la période restant à courir.

Art. 15. — L'abonnement est versé entre les mains du receveur du bureau des postes et télégraphes de la localité desservie par le réseau.

Il est payé d'avance en deux termes égaux, au 1er janvier et au 1er juillet de chaque année. Toutefois, le premier semestre est payé au moment de la signature du contrat [201 fr. 45]. En outre, la partie de l'abonnement correspondant à la période comprise entre la date où le poste peut être utilisé par l'abonné et le commencement du premier

semestre est versée au moment de la mise en service.

Il convient d'ajouter que les lignes auxiliaires des réseaux téléphoniques urbains, peuvent être mises, par voie d'abonnement, à la disposition des abonnés pour leur permettre de communiquer entre eux, deux par deux; les télégrammes téléphonés peuvent être l'objet d'un abonnement de 50 francs par an ; que les communications interurbaines peuvent être accordées moyennant une provision déposée au bureau de la Bourse, à Paris. Pour les communications interurbaines, les frais de constructions depuis les fortifications jusqu'au domicile *extra muros* sont à la charge de l'abonné; la direction des postes et télégraphes en fournit le devis, et le paiement de la dépense doit être effectué à la Recette centrale du département de la Seine.

ACCIDENTS DUS A L'ÉLECTRICITÉ. — Depuis dix ans, les applications de l'électricité se sont multipliées, et les distributions d'énergie électrique deviennent chaque jour plus nombreuses. Il importe de se mettre en garde contre les accidents extrêmement graves que peuvent produire les appareils électriques, et surtout les câbles aériens ou souterrains qui conduisent l'électricité à travers les rues.

En Europe, ces accidents sont relativement rares. Deux hommes furent tués à Paris, dans le Jardin des Tuileries, le 6 août 1882, pendant une fête de nuit donnée par l'Union française de la Jeunesse : voulant franchir le fossé de l'ancien jardin réservé, ils saisirent des conducteurs traversés par des courants alternatifs d'environ 500 volts.

En Amérique, où l'usage de l'électricité est déjà très répandu, le nombre des accidents est considérable. Il y a six ou sept ans, un homme fut tué à Pittsburg par le courant continu d'une machine Brush alimentant seize lampes en tension, et donnant par conséquent 800 à 900 volts. C'est surtout à New-York, où le nombre des fils qui sillonnent les rues est extrêmement considérable, et les courants qui les traversent d'une grande intensité, que les accidents sont le plus fréquents. En dix-huit mois, huit personnes ont été tuées, et dix-sept blessées grièvement par des fils de télégraphe qui s'étaient rompus. Plus de cent décès, dus à l électricité, ont été enregistrés en 1889. Il n'est pas de semaine qui n'ajoute son contingent à cette funèbre liste. Un ouvrier circule au cintre d'un théâtre; il touche un fil électrique : aussitôt il est foudroyé, et son cadavre se balance, en brûlant lentement, au-dessus de la foule terrifiée ; une spectatrice meurt d'épouvante. Un ouvrier disparaît. On le cherche : on le trouve mort sur un toit, foudroyé par un conducteur électrique.

Le 12 octobre 1889. dans un quartier des plus fréquentés, un employé des télégraphes, qui était monté, muni de souliers à crochets, au haut d'un immense poteau, où s'enchevêtraient des fils innombrables, fut pris sans le vouloir par un fil traversé par un courant intense, dont il ne put se dégager, et fut brûlé vif, sans que la foule pût le secourir. Plusieurs personnes ont été également foudroyées par des fils rompus.

Dans la nuit du 30 novembre 1889, deux employés étaient occupés à transporter une lourde pièce métallique du trottoir dans un magasin, sur la Huitième Avenue ; l'un d'eux mit le pied sur une grille de fer, et, au même instant, la pièce métallique vint à toucher une lampe à arc suspendue au-dessus de leurs têtes; le malheureux tomba immédiatement foudroyé.

Dans la nuit du 3 décembre 1889, un train du chemin de fer surélevé de la Troisième Avenue accrocha un fil peu élevé et l'entraîna avec lui, de sorte que deux des voyageurs recevaient des secousses et les autres percevaient du côté de la toiture un bruit semblable à celui de la grêle.

A la suite d'accidents si terribles et si fréquents, la municipalité de New-York a fait enlever plus de 110 000 kilomètres de fils aériens.

Les canalisations souterraines elles-mêmes ne sont pas toujours exemptes de dangers : on a vu récemment à Paris les chevaux se cabrer sur les boulevards à la hauteur de la rue Louis-le-Grand, en passant au-dessus d'un fil souterrain mal isolé. Quelques-uns s'abattaient comme foudroyés.

A New-York, on a vu des fils mal isolés produire l'explosion des conduits souterrains.

Au coin de William-Street et de Wall-Street (New-York), la continuité des conducteurs souterrains s'étant trouvée interrompue, le courant a fondu les câbles et les tubes de fonte qui les enveloppaient, sur une longueur de plusieurs pieds, et même, dit-on, le pavé adjacent, sur une surface de 2 mètres carrés.

D'après un article récemment publié par Edison, les courants alternatifs de haute tension, transmis par des conducteurs souterrains, seraient beaucoup plus dangereux que les fils aériens; il serait, dit-il, tout aussi raisonnable d'enterrer des masses de nitroglycérine au cœur d'une ville. « Il n'y a pas, dit Édison, de procédé d'isolement connu qui

puisse emprisonner, confiner ces courants à haute tension pour plus d'un temps limité ; et quand les fils sont placés sous terre, avec le système actuel de conduite, le résultat est forcément une série de contacts terrestres, la fusion des fils, la formation d'arcs électriques puissants qui s'étendront à d'autres conducteurs métalliques dans le même conduit; toute une masse de fils recevra ces dangereux courants, et les conduira dans les maisons, les boutiques, etc. Il est ainsi évident que le danger de tels circuits n'est point borné aux fils qui conduisent les courants à haute tension, mais que d'autres fils conduisant des courants inoffensifs sont en danger de devenir aussi mortels dans leurs effets que les premiers. Et quand bien même ces fils dangereux seraient placés dans des tubes séparés dans le même conduit que d'autres tubes, le risque n'en sera pas diminué. »

Nous devons ajouter cependant que les dangers prévus par l'éminent électricien nous paraissent exagérés; on sait d'ailleurs qu'Édison est l'auteur d'un système de distribution par courants continus.

D'après M. Westinghouse, les lignes souterraines du système Édison subissent des fuites importantes, peu de temps après leur établissement.

Les courants de haute tension sont en somme dangereux par eux-mêmes et aussi par les courants induits qu'ils peuvent faire naître dans d'autres conducteurs.

Il serait donc indispensable d'étudier soigneusement les conditions auxquelles doivent être soumises les installations électriques.

ACCOUDOIR POUR TÉLÉPHONE. — Accoudoir rembourré sur lequel on s'appuie pour maintenir sans fatigue le téléphone à l'oreille;

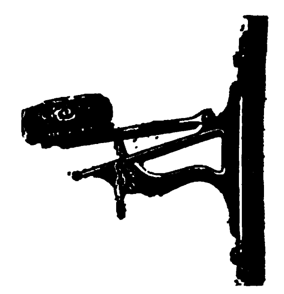


Fig. 1. — Accoudoir pour téléphone.

une série de crans d'élévation permet à chacun de le placer à sa hauteur (fig. 1).

ACCOUPLEMENT. — Mot par lequel on désigne quelquefois les différentes manières de réunir ensemble les piles ou les machines d'induction. (Voy. COUPLAGE).

ACCUMULATEUR. — On désigne sous le nom d'accumulateurs les appareils dérivés de la *pile secondaire* de Planté, et qui, après avoir été chargés à l'aide d'une pile primaire, peuvent restituer sous forme de courant, immédiatement ou au bout d'un certain temps, la plus grande partie de l'énergie qu'ils ont reçue. Quand on fait passer un courant entre deux lames métalliques plongées dans un liquide, les éléments qui constituent ce liquide se portent l'un sur l'électrode positive, l'autre sur la plaque négative. Si ces corps ne se dégagent pas immédiatement dans l'air, ils tendent à se recombiner et créent ainsi une force contre-électromotrice de polarisation. Tant que la force électromotrice de la pile primaire est supérieure à la force électromotrice de polarisation, la décomposition continue; mais, si l'on supprime la pile, la force de polarisation agit seule et développe un courant de sens contraire au premier, qui dure jusqu'à ce que les éléments séparés se soient recombinés complètement. Tel est le principe des accumulateurs : en théorie, toute pile, surtout ne donnant pas de dégagement de gaz, peut être transformée en un accumulateur; mais les effets sont plus ou moins énergiques, suivant la nature du liquide et des électrodes, et la charge se conserve pendant un temps plus ou moins long, suivant la nature et l'état physique des plaques.

Pile secondaire de Planté. — La pile à gaz de Grove peut être considérée comme un accumulateur; mais ce fut Planté qui obtint les premiers résultats pratiques en 1860.

Sa pile secondaire est une sorte de voltamètre, dont les électrodes sont deux lames de plomb de grandes dimensions. Pour qu'elles occupent moins de place, on les enroule toutes deux en spirale, en les séparant par deux bandes de caoutchouc pour les empêcher de se toucher. Si l'on fait communiquer les deux lames avec les pôles d'une pile, comme le montre la figure 2, l'oxygène qui se porte sur la lame positive transforme le plomb en peroxyde, tandis que l'hydrogène se dégage sur l'autre lame. Deux éléments de Bunsen suffisent à charger une pile secondaire; si l'on supprime ensuite la pile, on peut recueillir le courant secondaire et l'employer à rougir un fil de platine F ou à tout autre usage.

Formation de la pile secondaire. — En réalité, après avoir chargé une seule fois la pile secondaire, on n'obtiendrait qu'un courant de

durée très faible : il faut d'abord former l'élément, c'est-à-dire y faire passer un grand nombre de fois dans les deux sens le courant

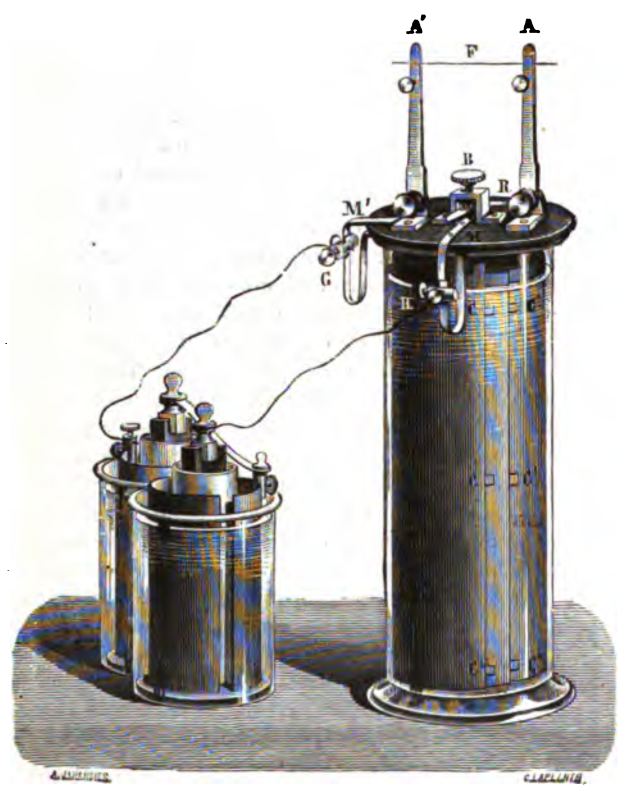


Fig. 2. — Pile secondaire de Planté.

d'une pile primaire ou d'une machine. A chaque opération, l'hydrogène réduit l'oxyde formé pendant la charge précédente, et cette série d'oxydations et de réductions produit à la surface du métal une couche poreuse, dont la profondeur va en augmentant, et qui est éminemment propre à condenser une grande quantité de gaz. Planté a montré d'ailleurs qu'on peut abréger cette formation de l'élément, ordinairement très longue, en plongeant d'abord les lames pendant vingt-quatre heures dans de l'acide azotique étendu de moitié de son volume d'eau. Il se produit un décapage qui agit favorablement, et l'on peut en quelques jours, après trois ou quatre interversions de courant, obtenir des effets que, sans cette précaution, on ne pourrait produire qu'après une formation de plusieurs mois.

Effets de la pile secondaire. — En associant ensemble un grand nombre de piles secondaires, G. Planté a pu obtenir des effets très puissants ; nous indiquerons plus loin un certain nombre de ces expériences (voy. AURORE BORÉALE, etc.). Les piles sont placées côte à côte, et un commutateur spécial permet de les grouper à volonté en tension ou en batterie (fig. 3). Ce commutateur se compose d'un axe isolant portant deux bandes de cuivre parallèles *gg'*, et traversé par deux séries de fiches *hh'*. Quand le commutateur occupe la première position, la bande de cuivre *g* touche tous les ressorts tels que *r* correspondant aux pôles de même nom, et *g'* réunit de même tous les ressorts *r'* : l'appareil est monté en batterie. Si l'on tourne le commutateur de 90°, les fiches *hh'* mettent en communication les ressorts *r* et *r'* de deux éléments consécutifs : la pile est montée en tension. Pour charger la batterie, on la monte en quantité ; la résistance est alors très faible, et il suffit d'employer deux éléments Bunsen. Pour utiliser le courant secondaire, on dispose généralement la batterie en tension.

On a imaginé depuis quelques années un certain nombre de dispositions qui permettent d'emmagasiner une quantité d'énergie plus grande qu'avec la pile de Planté, en augmentant la dimension des lames et en modifiant la nature ou l'état physique de leur surface. Dans ces générateurs, on a le plus souvent abandonné les plaques en spirale, dont la forme augmentait les difficultés de fabrication, pour les remplacer par des lames planes. Si l'on veut donner aux électrodes une grande surface, on met dans un même vase plusieurs lames qu'on réunit en batterie.

Accumulateurs Reynier, de Montaud, de Kabath. — Dans l'accumulateur Reynier, les plaques positives et négatives sont en plomb et identiques, comme dans la pile de Planté. Chaque plaque se compose d'une partie plissée, enchâssée dans un cadre fondu qui lui sert de support ; des crochets en cuivre, fixés à la partie supérieure, plongent dans des rigoles pleines de mercure, pour réunir ensemble toutes les plaques de même nom. Ces rigoles permettent aussi de coupler ensemble plusieurs accumulateurs, en tension ou en quantité, au moyen de ponts métalliques. La figure 4 montre un modèle de démonstration, avec vase de verre, et un modèle industriel, dans lequel ce vase est remplacé par une caisse de bois.

La capacité de ces appareils est d'environ

6 ampères-heure par kilogramme de plaques, ou 4 ampères-heure par kilogramme de poids total. Il faut environ 260 kilogrammes de plaques et 400 kilogrammes d'accumula-

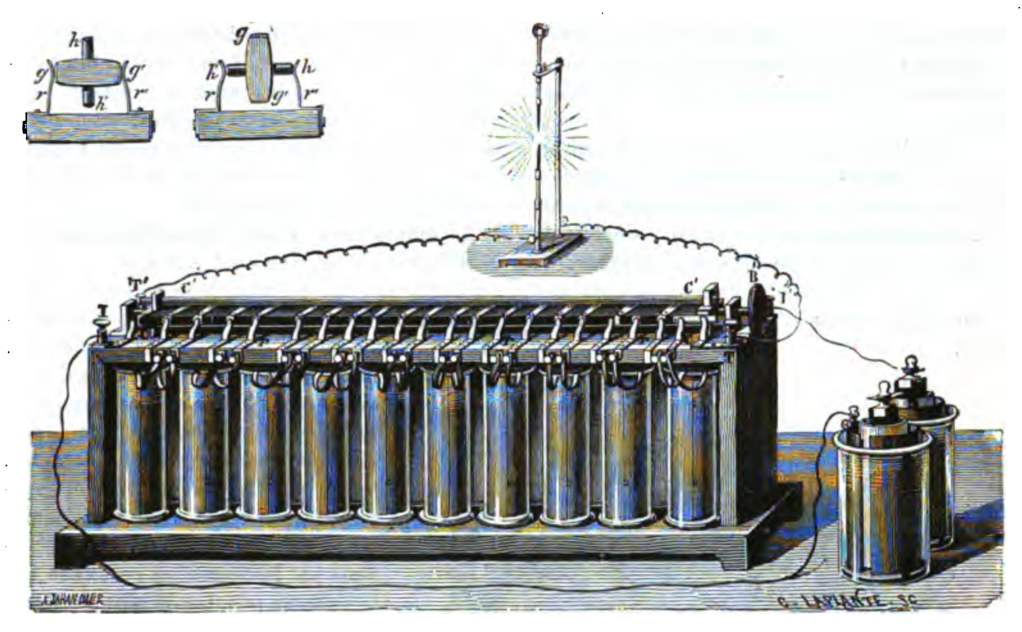


Fig. 3. — Batterie secondaire de Planté.

teur pour fournir une puissance d'un cheval.

Les accumulateurs de Montaud (fig. 5) sont formés de plaques rectangulaires également en plomb, traversées à un de leurs coins supé-

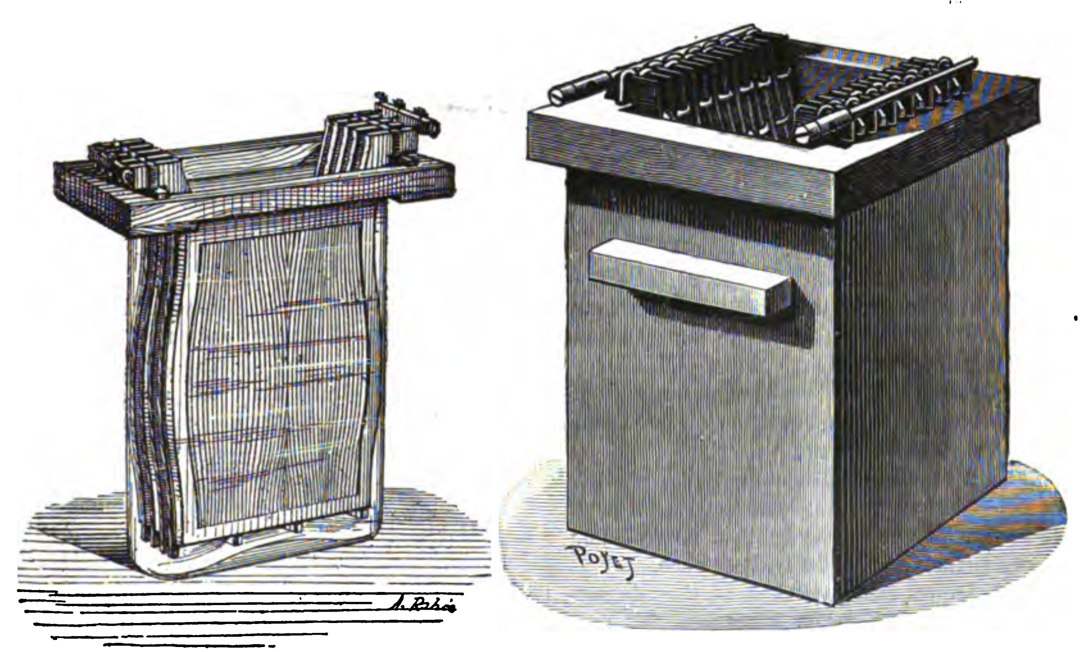


Fig. 4. — Accumulateur Reynier.

rieurs par une tige formée de plomb et d'un alliage spécial inattaquable par l'acide, qui réunit toutes les électrodes de même nom, et échancrées à l'autre coin pour laisser passer la

tige de nom contraire. Les plaques sont disposées entre les dents de peignes en bois, reposant par le dos sur le fond de la cuve. Cette disposition assure un écartement très régulier des plaques, et empêche les débris qui tombent au fond de réunir les électrodes en court circuit.

La capacité de ces appareils est d'environ 10 ampères-heure par kilogramme de plaques, ou 3,3 ampères-heure par kilogramme de poids total. Ils sont donc supérieurs aux précédents seulement au point de vue des plaques. Il faut environ 103 kilogrammes de plaques et 300 kilogrammes d'accumulateur pour un cheval.

Les plaques des accumulateurs de Kabath sont formées d'une série de lames de plomb alternativement plates et gaufrées, qui sont placées parallèlement, et réunies, au nombre de cent environ, par une lame de plomb percée de trous en quinconce, qui les entoure complètement, tout en permettant au liquide de circuler facilement dans l'intérieur. Chaque lame est munie d'une tige conductrice, qui sert à établir les communications.

Accumulateurs Faure-Sellon-Volckmar. — M. Faure a cherché en 1881 à augmenter la capacité de la pile secondaire en recouvrant les lames d'oxyde de plomb. Cette disposition diminue beaucoup la durée de la formation, mais les plaques sont moins solides; l'oxyde se détache et tombe au fond, où il peut former des courts circuits. Dans les premiers modèles, les deux électrodes, de forme spirale, étaient recouvertes uniformément de minium, qui se transformait par la charge en peroxyde sur l'électrode positive et en plomb métallique sur l'autre; pendant la décharge de l'appareil, les deux plaques reprenaient leur état initial. Actuellement, on recouvre de préférence la lame positive de minium et l'autre de litharge. On a aussi renoncé aux lames de forme spirale : on les remplace par des électrodes plates, en nombre quelconque, et l'on réunit en surface toutes celles du même élément.

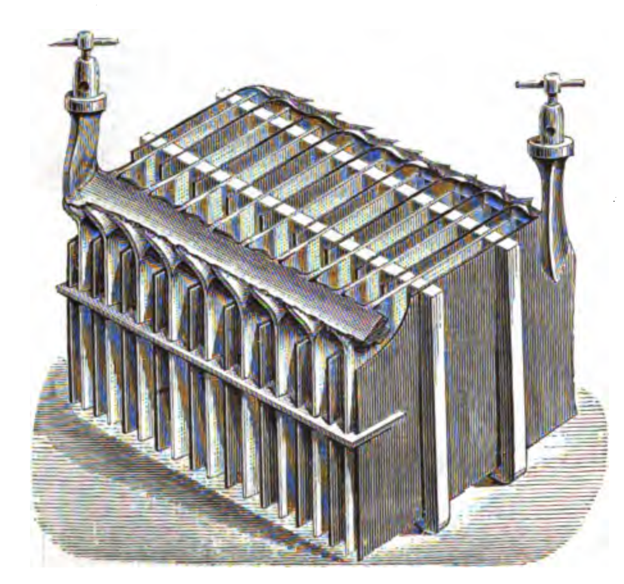




Fig. 5. — Accumulateur de Montaud.

Il importe aussi de diminuer le plus possible le poids du support de plomb inactif qui porte la couche poreuse d'oxyde, tout en retenant énergiquement cet enduit à la surface.

Les plaques contiennent deux tiers de support et un tiers d'oxyde. Elles sont formées, d'après le procédé Sellon (1882), par un alliage de plomb et d'antimoine très solide et inoxydable. Dans les modèles les plus récents (1888), les plaques se distinguent par un nouveau mode d'assemblage qui supprime complètement les contacts et collecteurs, dû également à M. Sellon. Elles sont fabriquées par paires, qui se composent chacune d'une positive et d'une négative, réunies directement par un pont du même alliage. La figure 6 montre une paire de plaques toute préparée et l'aspect de ces plaques avant et après le dépôt d'oxyde.

La figure 7 montre le mode d'assemblage des éléments.

Pour monter une batterie, on place tous les récipients bout à bout. Le premier reçoit toutes les positives extrêmes, qu'on réunit par un collecteur formant le pôle positif, ainsi qu'on le voit à gauche de la figure 7. Entre ces plaques positives, on intercale les négatives d'un pareil nombre de plaques jumelles, dont les positives

se placent naturellement dans le second vase, et l'on continue ainsi jusqu'au dernier, dans lequel les négatives extrêmes sont reliées à leur tour par un conducteur unique qui constitue le pôle négatif.

Les principaux avantages de ce système sont : l'indépendance des plaques, l'absence de toute soudure et de toutes jonctions, bornes, etc., hormis aux extrémités, la facilité d'inspection et de réparation. Quand on ne dispose pas d'un local assez long pour recevoir toute la batterie groupée en une seule ligne, on la divise en plusieurs batteries ayant chacune ses pôles montés comme il a été dit et couplées entre elles.

Ces accumulateurs, construits par la « Electric Power Storage C° », sont généralement connus sous le nom d'accumulateurs E. P. S. Ils ont une capacité d'environ 10 ampères-heure par kilogramme de plaques et de 6,6 ampères-heure par kilogramme de poids total.

Accumulateurs Julien et Paul Gadot. — Les accumulateurs Julien, qui ont été surtout appliqués à la traction des tramways, où ils donnent de bons résultats, ne diffèrent guère des précédents que par la nature de la carcasse inactive, qui est constituée par un alliage inoxydable de 95 de plomb, 3,5 d'antimoine, et 1,5 de mercure.

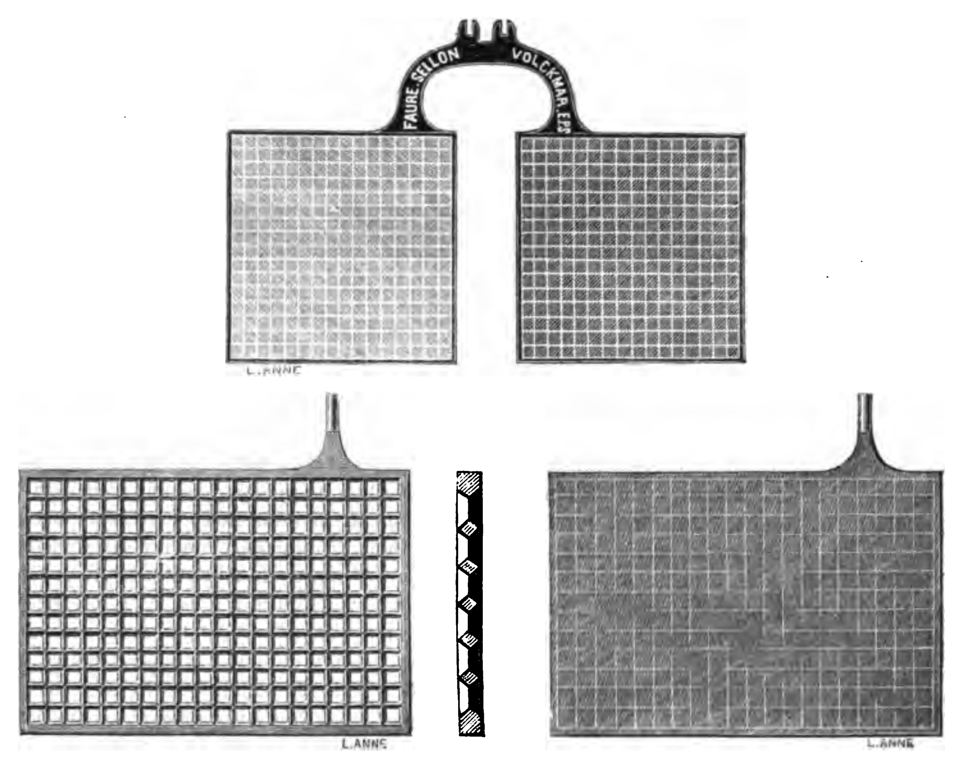


Fig. 6. — Nouvelle plaque jumelle E. P. S.

Chaque élément comprend 7 plaques positives et 6 plaques négatives de 9 centimètres de haut sur 11 de large et 25 millimètres d'épaisseur. Les supports, dont les alvéoles ont environ 6 millimètres de côté, sont remplis d'oxydes de plomb, minium et litharge, à raison de 80 grammes pour chaque plaque positive, et de 85 grammes pour chaque plaque négative.

Les vases contenant les éléments sont en ébonite. Chaque récipient, pesant 0,765 kilogr., est divisé par une cloison en deux compartiments renfermant chacun un élément, et dans lesquels on verse 0,815 kilogramme d'eau acidulée à raison de 15 parties d'acide sulfurique marquant 1,84 au densimètre.

Leur capacité est de 10 ampères-heure par kilogramme de plaques, et de 8 ampères-heure par kilogramme de poids total.

Quand les plaques sont faites d'un seul morceau, chacune des alvéoles qui reçoivent l'oxyde doit nécessairement aller en s'élargissant de chaque côté depuis le milieu jusqu'au bord. La matière active peut alors se détacher facile-

ment. Pour éviter cet inconvénient, chaque plaque de l'accumulateur P. Gadot forme deux parties rivées ou soudées ensemble d'une manière indestructible, qui constituent, une fois réunies, des alvéoles où l'oxyde de plomb est étroitement emprisonné. On est parvenu

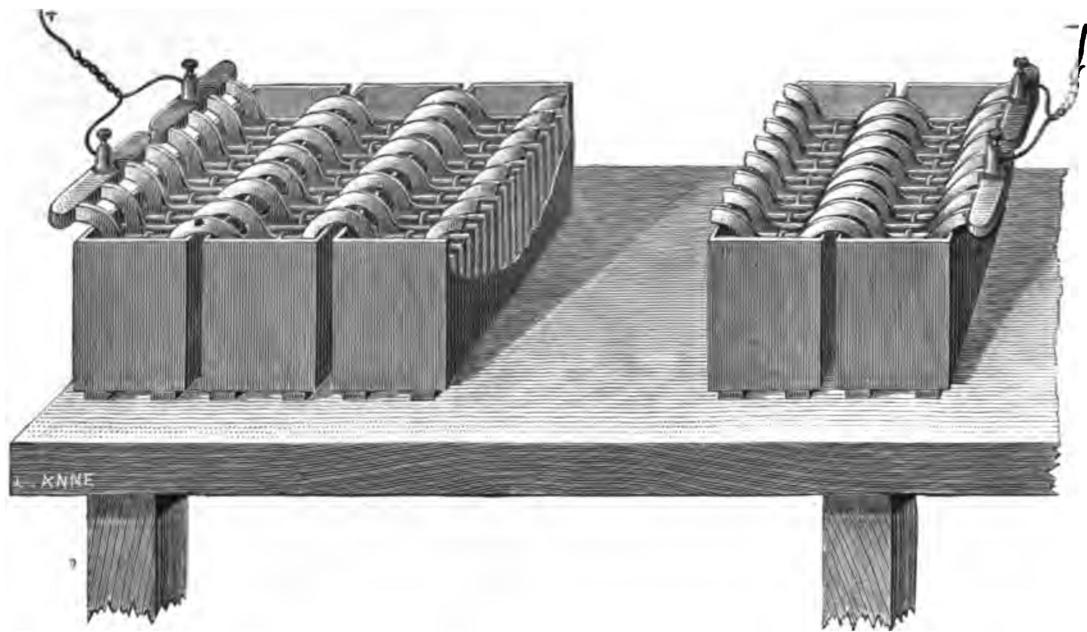


Fig. 7. — Accumulateurs E. P. S., nouveau modèle.

ainsi à faire les pastilles de matière active beaucoup plus grandes, tout en les empêchant de se détacher et de tomber, et à diminuer notablement le poids du support inactif : pour 10 plaques négatives et 9 positives, ces nouveaux modèles contiennent 7,925 kilogrammes de matière active et seulement 8,341 kilogrammes de matière inactive.

La figure 8 montre les plaques employées

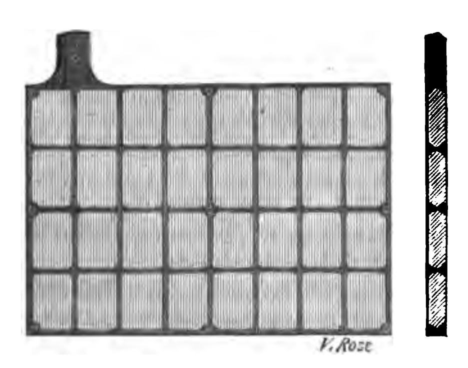


Fig. 8. — Nouvelle plaque P. Gadot, modèle 1888.

dans les modèles les plus récents; ces modèles ont une capacité de 10 à 12 ampères-heure par kilogramme de plaque.

La courbe représentée par la figure 9 montre les résultats donnés par ces appareils, qui peuvent fournir facilement 15 heures de décharge utilisable; la différence de potentiel s'abaisse pendant ce temps de 2,04 volts à 1,75 et l'intensité de 15,9 à 13,8 ampères. La résistance intérieure n'a pas dépassé 0,03 ohm. On obtient donc un total de 225,7 ampères-heure utilisables, soit 13,88 ampères-heure par kilogramme de plaque. La courbe inférieure indique la différence de potentiel en volts, la seconde l'intensité en ampères et la plus élevée fait connaître le nombre de watts correspondant.

Accumulateurs Fitz-Gérald. — M. Fitz-Gérald a cherché à supprimer complètement le support inactif de plomb, qui augmente sans aucune utilité le poids des plaques. Il fabrique ses plaques d'un mélange homogène, auquel il donne le nom de *lithanode*, et qui est formé de litharge à laquelle on ajoute seulement 5 p. 100 de pierre ponce imbibée de sulfate d'ammoniaque, dont l'acide forme avec la litharge un sel à peu près insoluble. Le mélange, placé dans un moule, est soumis à l'action d'un jet de vapeur tenant en suspension un peu de glycérine, puis séché.

D'après l'auteur, la capacité de ces appareils

serait d'environ 20 ampères-heure, c'est-à-dire le double de celle des précédents.

Accumulateurs de la Société pour le travail électrique des métaux. — La Société pour le

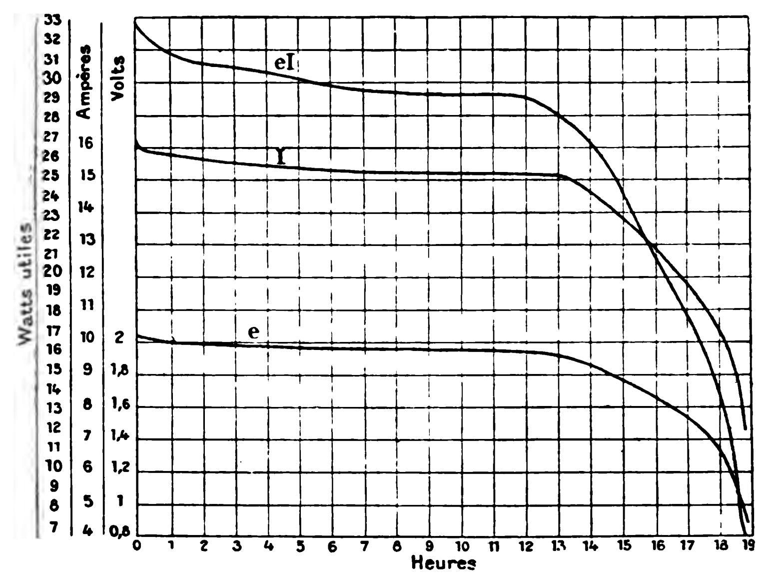


Fig. 9. — Résultats fournis par la décharge des nouveaux accumulateurs P. Gadot.

travail électrique des métaux construit des accumulateurs dans lesquels la partie active des plaques est du plomb pour les électrodes négatives, et du peroxyde de plomb pour les

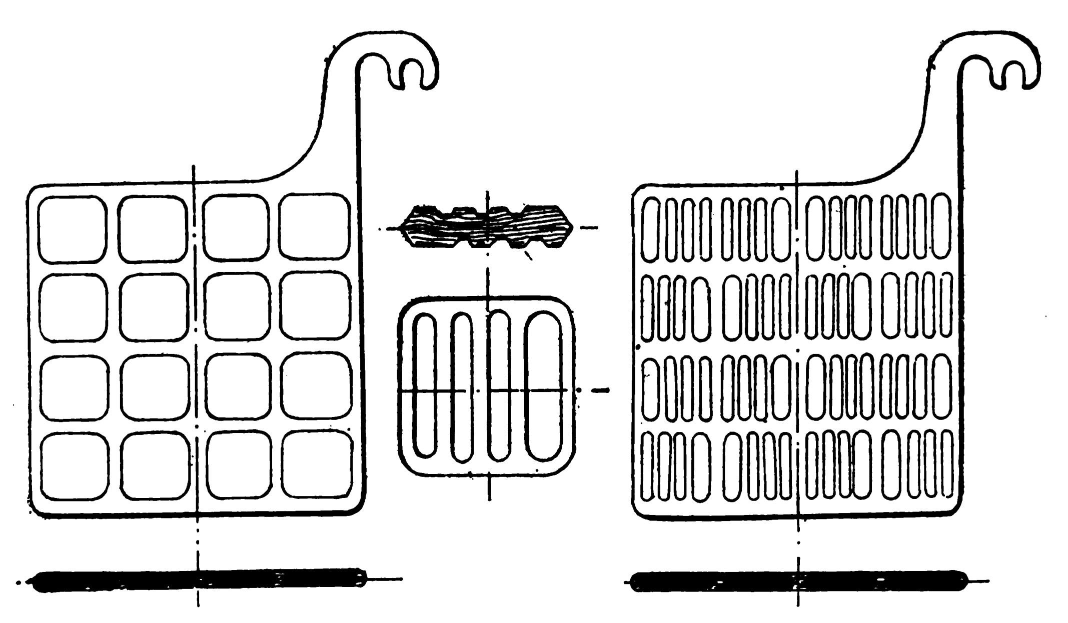


Fig. 10. — Accumulateurs n°s 4 et 6 et pastille de 10 millimètres de la Société pour le travail électrique des métaux.

positives. Mais ces deux substances sont préparées par un procédé particulier qui les donne très poreuses et cristallisées. On se sert pour cela de chlorure de plomb qu'on fond avec une proportion variable de chlorure de zinc. Ce mélange est coulé en pastilles (fig. 10), qu'on lave

à l'acide chlorhydrique, pour enlever toute trace d'oxyde ou de chlorure de zinc. Les pastilles sont ensuite enchâssées dans des cadres de plomb, puis les plaques qui doivent servir d'électrodes négatives sont débarrassées du chlore en constituant, avec des plaques de zinc, une pile dans laquelle le chlore se porte sur le zinc. Les plaques qui doivent devenir positives sont lavées, puis chauffées dans une étuve à air chaud, pour transformer les pastilles en peroxyde. On obtient ainsi des substances entièrement poreuses : le plomb des plaques négatives a pour densité 2,75 environ, et la litharge des électrodes positives 3 environ. Avec un débit de 1 ampère par kilogramme, la capacité est de 8 à 10 ampères-heure par kilogramme de plomb utile.

Accumulateur Tudor. — Dans cet accumulateur (fig. 11), les grandes surfaces actives des électrodes permettent d'obtenir des effets considérables dans un temps relativement restreint, sans modifier les conditions normales de fonctionnement ou de rendement. Ce modèle offre des conditions satisfaisantes de solidité, de rendement et de résistance aux traitements irréguliers.

Accumulateurs au cuivre Commelin-Desmazures. — Nous avons dit que toute pile ne donnant pas de dégagement gazeux était réversible et pouvait donner naissance à un accumulateur. Ainsi l'accumulateur de MM. Commelin et Desmazures n'est autre que la pile de MM. de Lalande et Chaperon rendue réversible. Il se compose d'une électrode positive en cuivre très poreux et d'une négative en zinc plongeant dans



Fig. 11. — Accumulateur Tudor.

une solution de zincate de potasse ou de soude, additionnée de chlorate de soude. Pendant la charge, l'oxygène dégagé sur le cuivre le transforme en oxyde, et le zinc se dépose sur la plaque négative; la potasse reste en dissolution. L'appareil fonctionne alors comme une pile de Lalande. Le cuivre poreux est obtenu en comprimant du cuivre pulvérulent sous une pression de 600 à 1200 kilogrammes par centimètre carré.

Ces accumulateurs ont été appliqués en 1887 au canot électrique sous-marin de M. Zédé, expérimenté au Havre (Voy. TORPILLEUR). Ils ont donné seulement une force électro-motrice moyenne de 0,73 volt, mais leur capacité paraît très supérieure à celle des accumulateurs au plomb; ceux à la lithanode pourraient seuls lutter avec eux.

Il est cependant probable que les accumulateurs au plomb finiront par l'emporter, lorsqu'on aura perfectionné leur fabrication et fait disparaître la surcharge considérable produite par le support inactif de plomb. D'après les calculs de M. Reynier, il faut théoriquement 136,2 kilogrammes de matière active pour emmagasiner un cheval-heure avec les accumulateurs au cuivre et seulement 105,47 kilogrammes avec les accumulateurs au plomb. C'est donc à ces derniers que restera sans doute l'avantage.

Charge des accumulateurs. — On voit que les accumulateurs et les piles secondaires sont inactifs par eux-mêmes : ils doivent être chargés à l'aide d'une pile primaire ou d'une machine, et peuvent ensuite être employés immédiatement ou seulement au bout de quelque temps. Remarquons d'ailleurs que le nom d'accumulateurs est inexact; ces instruments n'accumulent pas l'électricité, comme le fait un condensateur; c'est sous la forme d'énergie chimique qu'ils emmagasinent l'énergie électrique qu'on leur fournit, et ils la restituent ensuite sous forme d'électricité.

Lorsqu'on veut charger simultanément un certain nombre d'accumulateurs, il est préférable de les réunir en batterie pour qu'ils offrent moins de résistance au courant primaire; pour la décharge, on les accouple le plus souvent en série.

Pour un accumulateur bien chargé, la force électromotrice initiale est d'environ 2,5 volts, mais elle s'abaisse bientôt à 2 volts, pendant la durée du service; la résistance est d'ailleurs très faible, elle varie de 1/5 à 1/100 d'ohm. Il résulte de là que ces appareils peuvent fournir des courants très intenses. Pour les charger, on peut employer une pile ou une machine magnéto ou dynamo-électrique. Dans le premier cas, on ne peut donner évidemment à l'appareil qu'une force électromotrice inférieure à celle de la pile; il faut donc prendre assez d'éléments pour que la force électromotrice totale dépasse 2,5 volts, par exemple 2 Bunsen ou 3 Daniell. Si l'on se sert d'une machine, il faut éviter que la vitesse se ralentisse assez pour que la force électromotrice devienne inférieure à celle que possède déjà l'accumulateur; sans cette précaution, il se déchargerait à travers la machine.

On reconnait que la charge est terminée quand les gaz commencent à se dégager, mais ce procédé n'est pas très précis. Il vaut mieux mesurer de temps en temps la force électromotrice, jusqu'à ce qu'on s'assure qu'elle n'augmente plus. On peut se servir encore d'un appareil automatique qui établit ou interrompt la communication avec la source, suivant que la force électromotrice de celle-ci est supérieure ou inférieure à celle des accumulateurs (Voy. CONJONCTEUR).

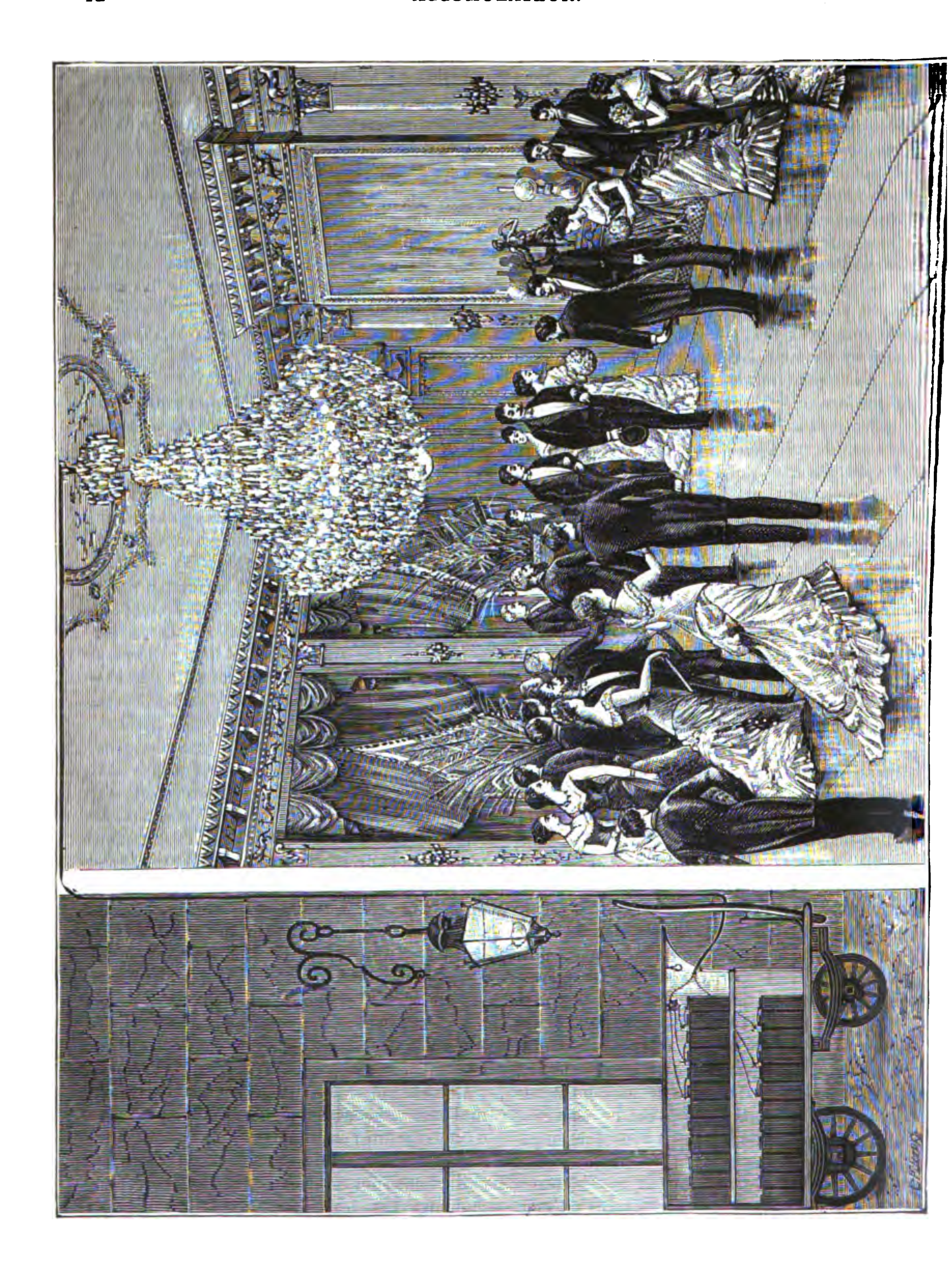
Rendement des accumulateurs. — Les accumulateurs ne restituent jamais qu'une partie de l'énergie électrique qu'ils ont emmagasinée sous forme d'énergie chimique : le rapport de ces deux quantités est ce qu'on nomme leur rendement. Ce rendement peut varier beaucoup avec l'état des accumulateurs, qui doivent être nettoyés de temps en temps. Quand ils sont en parfait état, il peut s'élever à 90 p. 100 si on les emploie le jour même de leur charge, à 80 p. 100 si l'on ne s'en sert qu'au bout de quelques jours. Les plaques négatives peuvent servir à peu près indéfiniment : les électrodes positives s'usent au contraire assez vite et doivent être remplacées au bout d'un certain temps; de là une dépense d'entretien qui s'élève à environ 20 p. 100 du prix des appareils, dépense assez importante par conséquent, puisque ce prix d'achat est lui-même élevé.

Utilité des accumulateurs. — Nous venons de voir que l'emploi des accumulateurs suppose nécessairement une certaine perte, et qu'ils ne rendent jamais d'une manière complète l'énergie qu'ils ont absorbée. Malgré ce défaut, ils peuvent rendre des services dans bien des cas, et surtout pour l'éclairage.

Ils permettent d'abord de réduire les dimensions des machines qu'on aurait à employer sans leur secours, et diminuent ainsi les frais d'amortissement et la place occupée par l'installation. Un des principaux obstacles à l'extension de la lumière électrique, c'est la difficulté de trouver au sein d'une grande ville, à Paris par exemple, un emplacement assez grand pour installer des machines d'une force motrice suffisante : il faut en effet un cheval-vapeur pour un foyer Jablochkoff ou pour huit lampes à incandescence de vingt bougies. Il faut en outre compter avec les règlements qui régissent l'installation des chaudières à vapeur dans les immeubles habités.

C'est ici que l'emploi des accumulateurs peut être utile. Supposons en effet qu'on veuille installer 100 lampes à incandescence de 20 bougies, devant fonctionner pendant quatre heures chaque jour. Il faudra un moteur de 13 chevaux marchant pendant la durée de l'éclairage. Si au contraire on emploie des accumulateurs, on pourra les charger à l'aide d'une machine fonctionnant pendant douze heures : il suffira donc d'employer, pour avoir le même résultat, une force trois fois moindre, soit 4,33 chevaux. En réalité ce calcul n'est pas tout à fait exact : il faut tenir compte du rendement des accumulateurs, qui ne dépasse guère 80/100, de sorte que la force nécessaire sera $4,33 \times 100/80$ ou 5,4 chevaux. Cette diminution permettra de remplacer la machine à vapeur par un moteur à gaz, beaucoup plus facile à installer. Il est vrai qu'avec ces moteurs le prix de revient de la force est un peu plus élevé, mais en revanche la simplicité de la mise en marche permet de se dispenser d'un chauffeur.

Une seconde raison rend l'emploi des accumulateurs indispensable dans toute installation d'éclairage un peu importante : c'est la nécessité de régulariser la lumière et de parer aux extinctions subites. Ainsi, quand on se sert d'un moteur à gaz, les admissions de gaz dans le cylindre déterminent des variations brusques de vitesse que le volant ne suffit pas à pallier, et qui se traduisent par des variations d'inten-



sité lumineuse. L'introduction de quelques accumulateurs dans le circuit donnera un écoulement régulier d'électricité, qui viendra compenser ces inégalités. De plus, si la machine dynamo vient à s'arrêter par le relâchement d'une courroie ou pour toute autre raison, les accumulateurs fourniront l'électricité nécessaire pour empêcher l'extinction et entretenir l'éclairage jusqu'à ce qu'on ait remédié à la cause d'arrêt.

Enfin les accumulateurs peuvent servir comme source unique d'électricité dans certains cas, soit pour l'éclairage, soit pour la force motrice. Ainsi l'on peut employer utilement les accumulateurs pour la traction ou l'éclairage des voitures, des bateaux, des vélocipèdes : ils présentent alors sur les machines ou les piles l'avantage d'un poids généralement plus faible et d'une manœuvre beaucoup plus simple. On a même songé à les employer pour la distribution de l'électricité à domicile : on transporterait chaque semaine chez les abonnés les accumulateurs chargés dans une usine centrale, et l'on reprendrait ceux qui ont été déchargés en tout ou en partie; mais, pour rendre ce système pratique, il faudrait arriver encore à diminuer notablement le poids de ces appareils. On pourrait encore laisser les accumulateurs à poste fixe chez les abonnés, et les charger de l'usine centrale. La canalisation serait ainsi moins coûteuse à établir que pour une distribution directe, parce que les fils seraient moins gros, et la force motrice à installer à l'usine centrale serait beaucoup moins considérable.

Ces systèmes n'ont pas donné jusqu'à présent d'excellents résultats pour une distribution permanente, mais ils conviennent parfaitement pour une installation temporaire : aussi les emploie-t-on couramment pour l'éclairage des bals et des fêtes, lorsqu'il n'y a pas dans les locaux d'installation permanente. Dans ce cas, la question de dépense devient tout à fait secondaire, et les compagnies d'éclairage peuvent trouver un bénéfice suffisant. La figure 12 représente une installation provisoire de ce genre : on apporte sur une voiture, disposée à cet effet, le nombre d'accumulateurs nécessaire pour éclairer les salons pendant environ dix heures, et l'on dispose les lampes à incandescence sur les lustres et les appliques destinés à l'éclairage ordinaire. Une telle installation coûte environ 5 francs par lampe de cinq bougies. Celle que représente notre dessin se composait de 108 lampes Swan de cette valeur disséminées dans cinq salons.

Pour l'éclairage, les accumulateurs peuvent donc servir : 1° comme source d'électricité, surtout d'une façon temporaire; 2° pour permettre de diminuer l'importance de l'installation des machines; 3° pour régulariser l'éclairage et parer aux estimations. Ils jouent alors en quelque sorte le rôle de *volant électrique*. On peut dans ce cas les remplacer par des *voltamètres régulateurs* (Voy. ce mot).

Les accumulateurs peuvent encore être employés utilement : à l'éclairage des wagons de chemin de fer, à la propulsion des bateaux, des voitures et des tramways.

ACIÉRATION. — Opération ayant pour but de recouvrir d'un dépôt de fer galvanique les planches de cuivre gravées afin de les rendre plus résistantes et de leur permettre de se prêter à un tirage beaucoup plus abondant. Elle a été imaginée en 1857 par M. Garnier.

On fait dissoudre du sel ammoniac dans dix fois son poids d'eau et l'on plonge dans ce bain, d'une part un fil relié au pôle négatif d'une pile, d'autre part une plaque de fer en communication avec le pôle positif, et destinée à servir d'électrode soluble. L'action du courant donne naissance à un chlorure de fer ammoniacal; on enlève alors le fil négatif et on y suspend la planche de cuivre, préalablement décapée à la potasse, puis on la plonge dans le bain. La décomposition électrolytique du chlorure de fer ammoniacal, qui s'est formé d'abord, recouvre bientôt la plaque d'une couche de fer très dure et qui résiste très bien à l'action de la presse.

Lorsque le dépôt d'acier commence à s'user, on le dissout dans l'acide nitrique étendu, et l'on acière à nouveau.

ACTINOMÈTRE. — Appareil servant à mesurer l'intensité calorifique des rayons solaires. M. Morise a appliqué à cette détermination les propriétés du sélénium dont la résistance varie avec l'intensité de la lumière qui l'éclaire. Un fragment de sélénium, exposé à la lumière, est intercalé avec un galvanomètre dans le circuit d'une pile constante. Les déviations du galvanomètre font connaître, au moyen d'une graduation préalable, l'intensité des radiations.

Actinomètre enregistreur. — Cet instrument, imaginé par M. Crova en 1886, permet de conserver la trace des observations. L'orgaue essentiel est une pile thermo-électrique, fer et maillechort, ayant la forme d'une paire de disques très minces, qui constituent les soudures. Ces deux disques sont placés perpendiculairement à l'axe dans un tube en laiton; l'un reçoit normalement sur sa surface noircie les radiations solaires transmises à travers une série de dia-

phragmes minces en aluminium, percés d'ouvertures de grandeur décroissante jusqu'à la plus petite, qui a 4 millimètres et qui est en face du disque actinométrique; l'autre disque est maintenu dans l'obscurité (fig. 13).

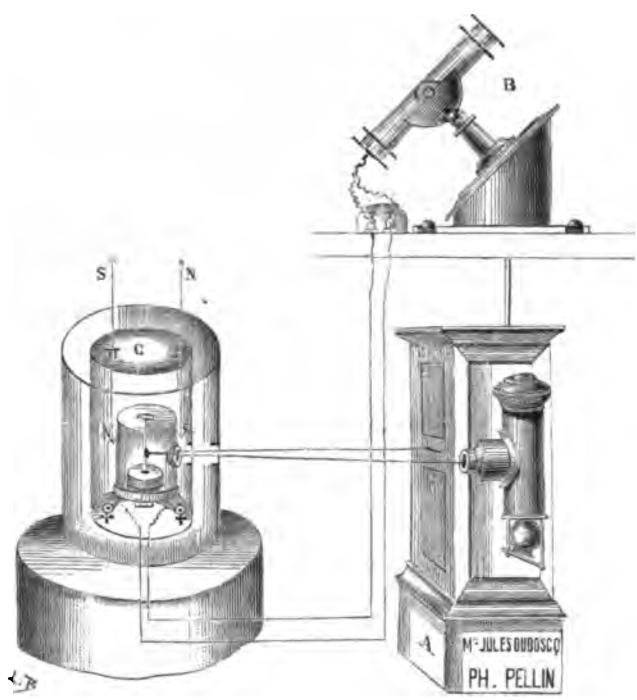


Fig. 13. — Actinomètre enregistreur (Pellin).

Le tube B qui contient la pile thermo-électrique est monté équatorialement. Au moyen d'un engrenage conique et d'un axe vertical qui traverse le toit, il reçoit d'une horloge A un mouvement tel qu'il est toujours dirigé vers le soleil. Des conducteurs flexibles et isolés relient la pile thermo-électrique à un galvanomètre placé dans une chambre noire à l'intérieur de l'édifice. Ce galvanomètre est entouré d'une double cage en tôle munie d'ouvertures à travers lesquelles un faisceau lumineux émis par une lampe vient frapper le miroir de l'instrument. Le faisceau réfléchi rencontre un papier photographique extra-rapide, qui descend lentement d'un mouvement uniforme, sous l'action de l'horloge. La trace imprimée par ce faisceau se déplace à droite ou à gauche suivant que la radiation est plus ou moins intense. Une calorie est représentée par une ordonnée de 60 à 70 millimètres. Cet enregistreur est analogue à ceux qui servent pour l'électricité atmosphérique ou le magnétisme terrestre.

ACTIONS ÉLECTRIQUES (Lois des). — Du Fay a constaté au siècle dernier que: ***Deux corps chargés de la même électricité se repoussent, et deux corps chargés d'électricités contraires s'attirent.***

Coulomb a montré en 1784 que ces actions obéissent à la loi suivante, qui porte son nom:

Les attractions et répulsions électriques varient en raison inverse du carré de la distance.

Pour vérifier la loi des distances, il a pris deux petites sphères électrisées, qui peuvent être comparées à deux points, car on démontre qu'elles agissent comme si leur charge était tout entière concentrée au centre. Il s'est servi de la *balance de torsion* (Voy. ce mot). On amène d'abord la boule mobile à la place de la boule fixe, le fil n'éprouvant aucune torsion; la boule mobile et l'index se trouvent alors au zéro des deux graduations. On introduit la boule fixe préalablement électrisée; elle touche la boule mobile, qui prend une partie de sa charge et est aussitôt repoussée. En tordant le fil à la partie supérieure, on ramène la boule mobile vers la boule fixe et on la maintient en équilibre à une distance donnée, la répulsion électrique étant équilibrée par la force de torsion du fil métallique. La torsion du fil est égale dans ce cas à la distance angulaire des boules, plus l'angle dont on a tourné la pince à la partie supérieure.

Coulomb cite l'expérience suivante: l'appareil ayant été électrisé, la boule mobile fut repoussée à 36°; la torsion était donc 36°. En tournant la pince de 126°, on ramena la boule à 18°; la torsion était $126 + 18 = 144°$. En tournant de 567°, on la ramena à 8°,5, et la torsion totale était $567 + 8,5 = 575,5$. Si cette dernière déviation eût été de 9°, on aurait eu pour des distances de 36°, 18°, 9°, des torsions de 36, 144 et 576 qui sont proportionnolles à 1^2, 2^2, et 4^2. La petite différence peut être attribuée à la déperdition. Ces résultats vérifient donc bien la loi du carré des distances.

Pour les attractions, Coulomb opérait de la même manière, mais en tordant d'abord le fil pour éloigner les boules l'une de l'autre.

Enfin les actions électriques sont proportionnelles au produit des deux masses électriques en

présence *m* et *m'*, d'après la définition même de la masse. Si donc on choisit convenablement les unités, l'action de ces deux masses sera

$$f = \frac{mm'}{r^2}.$$

Dans le cas des attractions, Coulomb s'est servi également de la *méthode des oscillations* (Voy. ce mot) qui, dans ce cas, est plus commode.

L'aiguille étant placée successivement à des distances D et D' de la sphère, les durées d'oscillation étaient t et t'; appelons F et F' les valeurs de la force qui produisaient le mouvement dans chaque cas

$$\frac{t}{t'} = \sqrt{\frac{F'}{F}}.$$

Si la loi de Coulomb est exacte, on doit avoir

$$\frac{F'}{F} = \frac{D^2}{D'^2}$$

ou

$$\frac{t}{t'} = \frac{D}{D}.$$

ACTIONS MAGNÉTIQUES (LOIS DES). — *Deux pôles de même nom se repoussent et deux pôles de nom contraire s'attirent.*

Même en considérant un aimant comme réduit à deux masses magnétiques égales et de signes contraires situées aux deux pôles, l'action mutuelle de deux aimants est représentée par quatre forces. Cependant, en employant des barreaux suffisamment longs, on peut négliger l'effet des deux pôles les plus éloignés et considérer l'action comme se réduisant à celle des deux pôles les plus voisins. C'est dans ces conditions que Coulomb a pu, à l'aide de sa balance de torsion, vérifier que les actions magnétiques obéissent à la même loi que les actions électriques.

Les attractions et répulsions qui s'exercent entre deux pôles varient en raison inverse du carré de leur distance.

L'action de deux pôles est donc encore représentée par

$$f = \frac{mm'}{r^2}.$$

AÉROSTAT ÉLECTRIQUE. — MM. G. et A. Tissandier essayèrent les premiers, en 1883, d'appliquer l'électricité à la direction des ballons. La figure 14 représente leur aérostat, qui était fusiforme, et recevait le mouvement d'une hélice actionnée par une machine Siemens, excitée elle-même par une pile au bichromate de potasse. Ils purent atteindre une vitesse propre de 3 mètres par seconde. Mais ils rencontrèrent des vents de vitesse supérieure, contre lesquels ils ne purent tenir. Le gouvernail n'était pas non plus assez parfait pour leur permettre de manœuvrer avec facilité.

Les capitaines Ch. Renard et A. Krebs obtinrent bientôt après des résultats beaucoup plus satisfaisants, et, dans une ascension faite le 9 août 1884, par un temps calme, ils purent redescendre exactement au point de départ. L'aérostat s'éleva lentement de la pelouse des

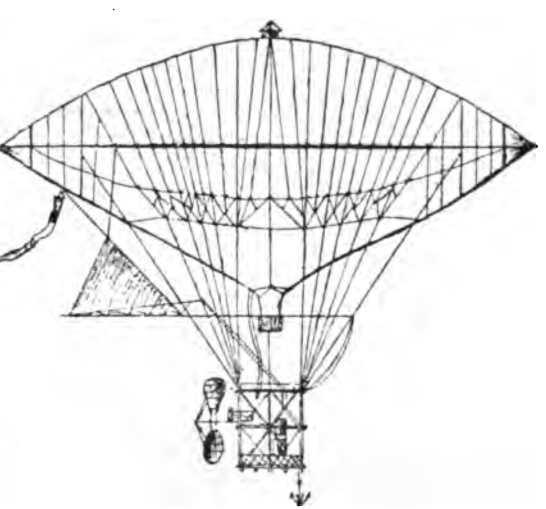


Fig. 14. — Aérostat de MM. Tissandier.

ateliers militaires de Chalais et prit sous l'impulsion de l'hélice une vitesse d'environ 20 kilomètres à l'heure. Arrivé au-dessus de Villacoublay, à 4 kilomètres du point de départ, le ballon décrivit un demi-tour sur la droite avec un rayon de 300 mètres, et revint atterrir sur la pelouse même du départ.

L'aérostat de MM. Renard et Krebs (fig. 15) était fusiforme. Il avait 50,42 mètres de longueur, 8,40 mètres de diamètre, et cubait 1864 mètres. L'hélice était mue par une machine de Gramme, actionnée par des piles divisées en quatre sections, pouvant être groupées en surface ou en tension de trois manières différentes.

Depuis cette époque, le capitaine Renard a fait connaître la nature de la pile employée, qui a l'avantage d'être extrêmement légère. Le liquide est constitué par une dissolution d'acide chromique dans l'acide chlorhydrique étendu à 11° B., qui se comporte comme une dissolution de chlore. L'électrode positive est un cylindre d'argent platiné et le crayon de zinc est au centre. Pour faire comprendre les qualités de cette pile, nous dirons qu'une pile de 36 élé-

ments de 30 millimètres de diamètre en tension peut alimenter pendant deux heures une lampe à arc Gramme de 30 carcels; le poids de la pile est de 15 kilogrammes, la dépense électrique 200 à 250 watts. 60 éléments de 40 millimètres en tension peuvent alimenter un lustre composé d'une lampe anglaise à incandescence de 200 bougies et de 12 lampes Gérard de 10 bougies.

La disposition de la chemise de suspension, son mode de réunion avec le ballon, le volume du ballonnet, la construction de l'hélice, du gouvernail, du moteur électrique, la disposition ayant pour but d'assurer la stabilité longitudinale, toùs les détails ont été étudiés avec le plus grand soin, et exécutés de manière à obtenir la plus grande légèreté possible.

En somme, si MM. Renard et Krebs n'ont pas résolu complètement l'important problème de la direction des ballons, ils ont cependant pu obtenir une vitesse capable de résister aux vents régnant le plus ordinairement dans notre pays, c'est-à-dire de près de 7 mètres par seconde. Cette solution est suffisante au point de vue militaire, car elle permet de communiquer avec une ville assiégée, en choisissant un temps favorable pour l'ascension.

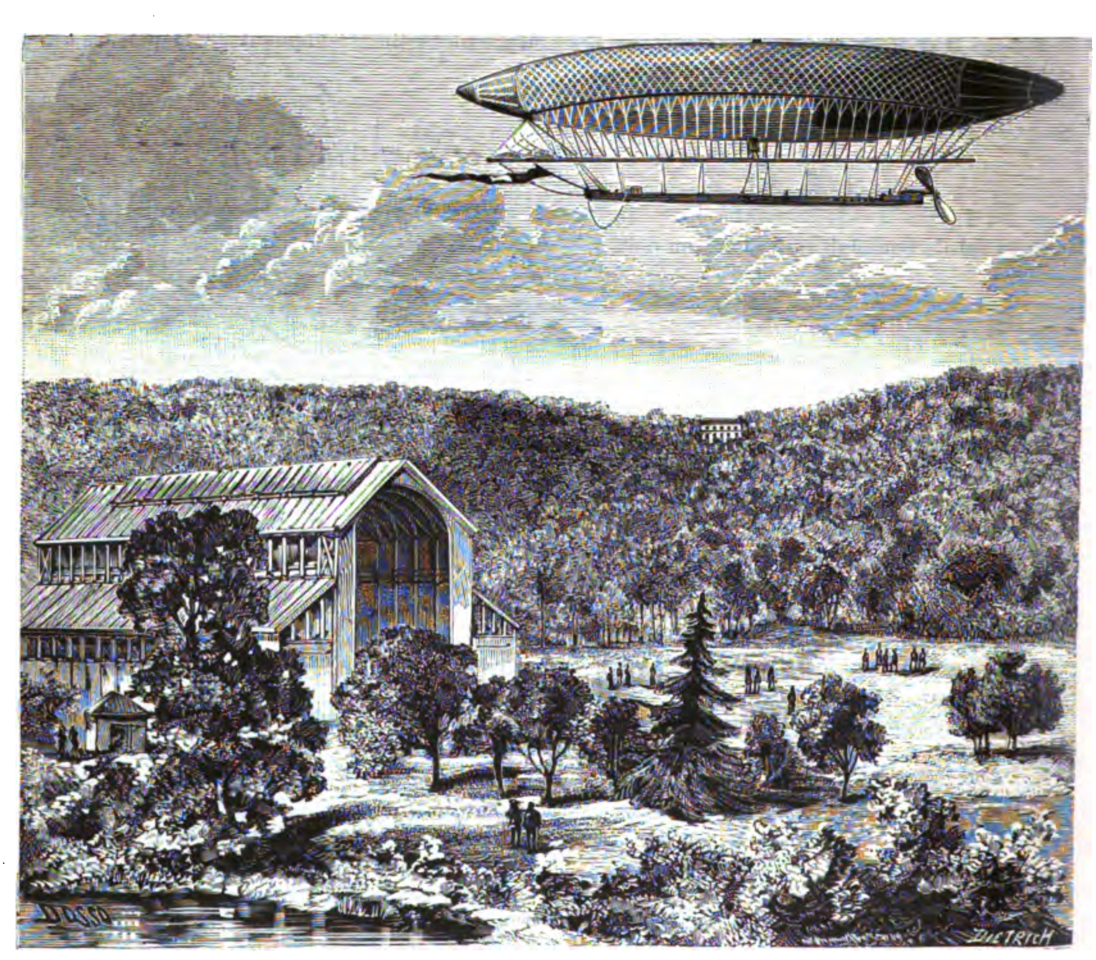


Fig. 15. — Ascension de MM. Renard et Krebs, le 9 août 1884.

AFFINAGE ÉLECTRIQUE. – Purification des métaux par voie électrolytique. Brevetée par Elkington en 1866, cette méthode n'a encore été appliquée qu'au cuivre et au plomb.

Affinage du cuivre. — La plaque de cuivre brut qu'on veut raffiner est suspendue comme anode soluble dans un bain semblable à ceux qui servent pour la galvanoplastie; la cathode est constituée par une plaque mince de cuivre pur. Un dépôt de métal pur se forme peu à peu sur cette électrode, tandis que le cuivre de l'a-

node se dissout dans le liquide. Lorsque l'impureté dont on veut se débarrasser est du plomb, métal insoluble dans le bain, il tombe au fond s'il est en petite quantité, ou sinon, reste à l'état de carcasse solide à l'anode. Si l'impureté est constituée par l'argent, ce métal, soluble dans le liquide, ne peut en réalité se dissoudre tant qu'il reste du cuivre non attaqué, car on sait que le cuivre précipite les sels d'argent. Celui-ci tombe donc encore au fond du bain.

Dans la *Norddeutsche Affinerie* de Hambourg, où l'on produit par jour 2500 kilogrammes de cuivre pur, les bains sont disposés en deux séries formées chacune de 120 cuves associées en tension; la surface de chaque électrode est de 15 mètres carrés, et leur distance est d'environ 5 centimètres.

Le métal obtenu par l'affinage électrique est parfaitement pur, très tenace et très ductile; il convient parfaitement au laminage et à l'estampage et exige moins de recuit; il possède enfin une conductibilité très supérieure à celle du métal ordinaire, ce qui le rend précieux pour un grand nombre d'applications et surtout pour la construction des machines.

Malgré ces qualités incontestables et le prix élevé du métal obtenu, le rendement de l'affinage électrique serait très mauvais, si les métaux précieux, or et argent, qu'on retire du métal impur, ne compensaient presque entièrement les frais. En 1880, on a recueilli ainsi à Hambourg 1200 kilogrammes d'or fin.

Affinage du plomb. — Le procédé Keith est destiné à raffiner le plomb brut, qui contient environ 10 p. 100 d'argent, de cuivre, d'arsenic, d'antimoine, de fer et de zinc.

On prend un bain de sulfate de plomb dissous dans l'acétate de soude, et l'on y plonge cinq cathodes de plomb pur, séparées par un nombre égal d'anodes formées du métal qu'on veut purifier, et placées dans des sacs de mousseline; ces deux séries de plaques sont reliées aux deux pôles d'une machine magnéto-électrique. Le plomb se dépose sous l'influence du courant; l'or, l'argent, l'antimoine tombent dans les sacs de mousseline; le fer et le zinc se dissolvent avec le plomb, mais ils restent dans la liqueur ou se déposent seulement à l'état d'oxydes qu'on sépare facilement du plomb en le fondant.

Le plomb raffiné n'est pas absolument pur : il contient encore des traces de métaux étrangers, notamment de bismuth.

AGOMÈTRE. — Voy. DIAGOMÈTRE.

AIGRETTE LUMINEUSE. — Jet lumineux qu'on voit s'échapper des points saillants d'une machine électrique, lorsqu'elle fonctionne dans l'obscurité (fig. 16). Ces décharges, peu visibles,

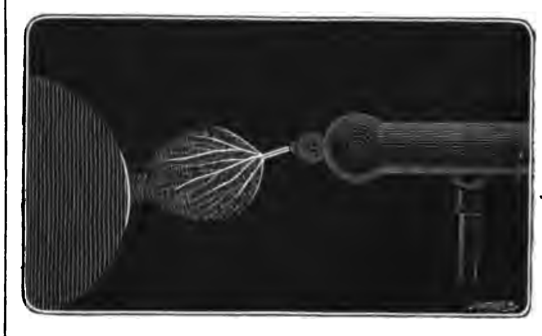


Fig. 16. — Aigrette lumineuse.

sont accompagnées d'un bruissement sourd qui rappelle un peu celui d'un soufflet ou d'un jet de vapeur. Les aigrettes ont été observées pour la première fois vers 1755 par Gray, qui leur donna ce nom. On obtient de belles aigrettes en approchant de la machine un conducteur en communication avec le sol, et ayant une grande surface, comme un plateau ou une sphère. On voit alors l'aigrette partir des deux conducteurs opposés et s'élargir vers le milieu en une partie à peu près obscure. Les deux extrémités présentent des aspects différents ; près du conducteur positif, l'aigrette est formée d'un pédoncule rectiligne assez brillant, qui se subdivise en un grand nombre de branches d'une teinte violacée beaucoup moins vive; ces branches se ramifient à leur tour en traits de plus en plus pâles. Du côté du conducteur négatif, on voit une lueur plus courte, formée de traits parallèles rapprochés.

La même différence d'aspect se retrouve aux pointes des peignes des machines électriques. Les aigrettes s'observent encore facilement entre les pôles d'une machine de Holtz dont on a enlevé les bouteilles ; en écartant les deux branches de l'excitateur, on obtient de belles aigrettes de forme variée ; si l'on rapproche les boules, on obtient, pour une distance d'un ou deux centimètres, un mélange de traits violacés et d'autres plus éclatants, c'est-à-dire d'aigrettes et d'étincelles.

Les aigrettes, comme les étincelles, sont discontinues ; on peut le constater à l'aide d'un miroir tournant, ou en imprimant à l'œil des mouvements rapides à droite et à gauche.

L'aigrette et l'étincelle peuvent s'obtenir pour une même différence de potentiel ; il suffit de

faire varier la distance explosive ou le débit de la machine.

Dans les gaz autres que l'air ou l'azote, les aigrettes présentent des aspects et des couleurs variables, mais l'aigrette positive est généralement moins développée, et la différence entre les deux espèces d'électricité disparaît quelquefois à peu près complètement.

AIGUILLE AIMANTÉE. — On désigne sous ce nom une petite lame d'acier, ayant la forme d'un losange très allongé (fig. 17), à laquelle

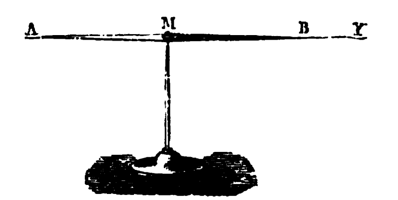


Fig. 17. — Aiguille aimantée.

on a communiqué les propriétés magnétiques. On laisse ordinairement sur la moitié nord de l'aiguille, pour permettre de la reconnaître, la couche bleue d'oxyde qui s'est formée pendant le recuit. Le plus souvent, les aiguilles aimantées sont munies en leur milieu d'une chape d'agate qu'on pose sur la pointe d'un pivot vertical; une telle aiguille se tient en équilibre dans le méridien magnétique. D'autres aiguilles sont mobiles dans un plan vertical (Voy. Boussole d'inclinaison); d'autres enfin sont placées dans une chape suspendue à un fil de soie sans torsion et se placent d'elles-mêmes dans la direction des forces terrestres.

AIGUILLE POUR GALVANOCAUSTIQUE. — Voy. Galvanocaustique.

AIGUILLES ASTATIQUES. — Voy. Astatiques (Aiguilles).

AIGUILLE THERMO-ÉLECTRIQUE. — Élément de pile thermo-électrique destiné à servir de thermomètre et ayant la forme d'une aiguille (Voy. Thermomètre électrique).

AIMANT. — Corps qui possède naturellement ou qui a reçu artificiellement la propriété magnétique.

Aimant naturel. — On donne ce nom à un minéral assez répandu dans la nature, et qui se distingue par la propriété d'attirer le fer et quelques autres métaux. Ce composé est l'*oxyde salin* ou *magnétique de fer*, Fe^3O^4 ; c'est le meilleur minerai de fer. On le trouve notamment en Suède et en Norwège, où il forme des montagnes entières ; il s'y présente en masses compactes, noirâtres, douées de l'éclat métallique et ayant pour densité 5,09 ; on le trouve dans la nature amorphe ou cristallisé en octaèdres.

Chauffé au rouge, l'aimant perd sa propriété magnétique. On trouve d'ailleurs des échantillons qui n'ont pas cette propriété ; il en est de même de ceux qu'on prépare artificiellement dans les laboratoires.

Les aimants naturels ne sont pas employés dans les applications, parce que leur action magnétique, très faible, est répartie très irrégulièrement dans leur masse. La figure 64 montre un aimant naturel muni de son armature.

Aimant artificiel. — On remplace d'ordinaire les aimants naturels par des barres d'acier auxquelles on communique la propriété magnétique. (Voy. Aimantation [Procédés d']). On peut donner à ces barres différentes formes ; on se sert le plus souvent, soit de parallélépipèdes allongés, soit d'une lame recourbée en forme d'U ou de fer à cheval (fig. 23). On fait usage aussi dans certains cas de petites aiguilles aimantées (Voy. ce mot) en forme de losanges très allongés.

Pôles des aimants ; ligne neutre. — Si l'on plonge un barreau aimanté dans la limaille de fer, on constate, quelle que soit sa forme, que ses différents points exercent une attraction inégale ; la limaille s'attache d'ordinaire surtout aux deux extrémités (fig. 18, *a*) où elle forme

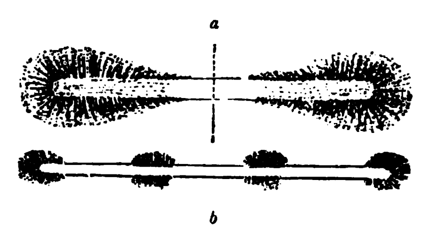


Fig. 18. — Action des aimants sur la limaille de fer.

de grosses grappes, tandis qu'il y en a très peu sur les autres parties. Si l'aimant a la forme d'un fer à cheval, la limaille forme une masse compacte qui réunit les deux extrémités voisines. Il y a donc vers les extrémités d'un aimant des points qui attirent le fer plus fortement : ce sont les *pôles* de l'aimant. La partie médiane, où l'attraction est nulle, est appelée *ligne neutre*.

Points conséquents. — Les aimants n'ont généralement que deux pôles, un à chaque bout ; on peut cependant arriver à en obtenir un plus grand nombre ; les pôles intermédiaires (fig. 18, *b*) prennent alors le nom de *points conséquents*.

Ces points sont alternativement de signes

contraires; les pôles extrêmes sont de signes contraires ou de même signe suivant que le nombre des points conséquents est pair ou impair.

Distinction des pôles. — Considérons un aimant n'ayant que deux pôles, ce qui est le cas le plus ordinaire. Ces deux pôles ne jouissent pas de propriétés identiques. On constate en effet, si l'on dispose l'aimant sur un pivot, de manière à le rendre parfaitement mobile dans un plan horizontal, qu'il prend une direction fixe, peu différente de la ligne nord-sud, le pôle qui se tourne vers le nord étant toujours le même. Chaque aimant possède donc un pôle *nord* ou *positif* et un pôle *sud* ou *négatif*. D'après l'ancienne hypothèse de l'aimant terrestre (Voy. Magnétisme terrestre), on donne encore quelquefois au pôle nord le nom de pôle *austral* et celui de pôle *boréal* au pôle sud.

En faisant agir l'un sur l'autre deux aimants dont l'un est mobile, on constate que *les pôles de noms contraires s'attirent, et les pôles de même nom se repoussent.*

Coulomb a donné les lois qui régissent la grandeur de ces actions (Voy. Actions magnétiques).

Bien que nous ignorions la nature du magnétisme, il est facile de définir les quantités de magnétisme ou les masses magnétiques. En effet, on dira qu'une masse est double d'une autre lorsqu'elle exercera une action deux fois plus grande sur un même pôle placé à la même distance.

Les masses magnétiques étant soumises aux mêmes lois que les masses électriques, on voit qu'on pourra toujours, dans les calculs, remplacer ces masses par des masses électriques de même valeur numérique. Le champ, le potentiel, etc., se définissent donc comme pour l'électricité. Mais il faut remarquer que l'identité existe seulement dans les calculs, le magnétisme et l'électricité étant sans doute des modifications d'un même milieu, mais des modifications absolument distinctes.

Définition exacte des pôles. — Lorsqu'un aimant se trouve dans un champ uniforme, l'action de celui-ci est représentée par une série de forces parallèles appliquées à toutes les molécules de l'aimant; celles qui sont appliquées aux masses positives sont toutes de même sens, celles qui sont appliquées aux masses négatives sont de sens contraire. Ces deux groupes de forces donnent naissance à deux résultantes qui leur sont respectivement parallèles, et sont par suite de sens contraires. Les points d'application de ces deux forces s'appellent les *pôles*. Tout se passe donc comme si les masses positives et négatives de l'aimant étaient concentrées à ses deux pôles, et, dans un champ uniforme, il est soumis à deux forces parallèles et de sens contraires, appliquées à ces deux pôles. On appelle *axe magnétique* ou *ligne axiale* la droite qui joint les deux pôles. On la compte positivement du pôle sud au pôle nord.

Remarquons que, si le champ n'est pas uniforme, les forces ne sont plus parallèles, et les considérations précédentes ne s'appliquent plus.

La masse magnétique d'un aimant est toujours nulle. — Nous venons de voir que l'action d'un champ uniforme, tel que le champ terrestre, sur un aimant se réduit à deux forces parallèles et de sens contraires. On sait de plus que cette action n'a ni composante horizontale ni composante verticale (Voy. Magnétisme et Champ terrestre); ces deux forces sont donc égales et forment un couple; par conséquent les deux masses positive et négative, qu'on peut supposer condensées aux pôles, sont égales, et, comme elles sont de signes contraires, leur somme algébrique est nulle.

Rupture d'un barreau aimanté. — Si l'on coupe un aimant en deux parties, l'on constate que chaque moitié constitue un aimant complet: les deux pôles primitifs ont gardé leur signe, et il s'est formé, près de la section, des pôles de noms contraires. Si l'on continue à couper l'aimant en un nombre quelconque de fragments, chacun d'eux constitue toujours un aimant complet; tous les pôles nord se sont formés d'un côté, tous les pôles sud du côté opposé. Cette expérience montre l'impossibilité de séparer les deux espèces de magnétisme, et d'obtenir une certaine quantité de magnétisme isolée, sans avoir en même temps une quantité de magnétisme contraire qui lui soit égale. Elle montre aussi que le magnétisme est un phénomène particulaire, et qu'un aimant doit être considéré comme formé d'une série de molécules aimantées ayant toutes leurs pôles

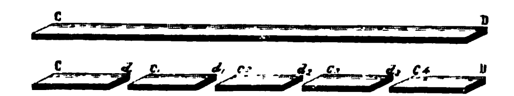


Fig. 19. — Constitution élémentaire d'un aimant.

orientés dans le même sens. La fig. 19 montre cette disposition.

Distribution du magnétisme dans un aimant. — Il est impossible de déterminer par expérience

la distribution du magnétisme dans l'intérieur d'un aimant, de même que la distribution de l'électricité dans l'intérieur d'un corps isolant. Il est facile de voir en effet que les masses magnétiques contenues dans un aimant équivalent, quelle que soit leur distribution, à deux couches superficielles égales et de signes contraires, qui seraient distribuées sur la surface suivant une certaine loi. En effet, nous pouvons, d'après ce que nous avons dit plus haut, supposer pour un instant les masses magnétiques remplacées par des masses électriques de même valeur, mais fixes, comme le sont les masses magnétiques elles-mêmes, et l'aimant recouvert d'une surface conductrice infiniment mince et en communication avec le sol. On sait (Voy. INFLUENCE ÉLECTRIQUE) que cette surface se recouvrirait d'une couche électrique dont la masse serait égale et de signe contraire à la somme algébrique des masses intérieures, et qui exercerait sur tout point extérieur une action égale et contraire à celle des masses données. Donc on pourrait remplacer toutes les masses intérieures par une couche distribuée sur cette surface et dont la densité serait en chaque point égale et contraire à celle de la couche précédente. La même substitution peut se faire aussi pour les masses magnétiques, mais dans ce cas la couche ainsi imaginée devra avoir une masse totale nulle; elle sera donc formée de deux couches égales et de signes contraires, recouvrant l'une l'extrémité nord, l'autre l'extrémité sud, et séparées par une ligne neutre.

L'étude des actions exercées par un aimant sur les points extérieurs ne peut donc pas nous faire connaître la distribution intérieure; elle ne peut même fournir que des renseignements assez imparfaits sur la couche fictive que nous venons de définir, car elle fait connaître seulement la composante normale de l'action, et, la couche fictive n'étant pas en général une couche d'équilibre, cette composante n'est pas proportionnelle à la densité au point correspondant.

Expériences de Coulomb et de Jamin. — Coulomb a essayé le premier de déterminer la distribution du magnétisme par la méthode des oscillations. Une très petite aiguille aimantée, suspendue à un fil de soie sans torsion, se plaçait d'elle-même dans le méridien magnétique; on la faisait osciller, d'abord sous l'action de la terre seule, puis sous l'action combinée de la terre et du barreau, à deux distances différentes (Voy. MÉTHODE DES OSCILLATIONS). Si n, N et N' sont les nombres d'oscillations par seconde dans ces trois cas, F et F' les actions du barreau, on a

$$\frac{F}{F'} = \frac{N^2 - n^2}{N'^2 - n^2}.$$

Le rapport $\frac{F}{F'}$ est celui des composantes normales aux deux points observés. Cependant une correction est nécessaire lorsqu'on arrive à l'extrémité du barreau, à cause du défaut de symétrie qui se produit alors : Coulomb doublait le nombre obtenu dans ce cas, mode de correction insuffisamment exact.

Coulomb s'est également servi pour cette étude de la balance de torsion magnétique (Voy. ce mot); une longue aiguille aimantée étant suspendue à l'extrémité d'un fil métallique et en équilibre dans le méridien magnétique, on introduisait dans l'appareil un long barreau aimanté placé verticalement dans le méridien et qui repoussait l'aiguille; on mesurait dans chaque cas la torsion nécessaire pour ramener l'aiguille à une distance fixe et très petite de l'aimant. Ces expériences furent les seules exécutées jusqu'à ces dernières années.

Jamin s'est servi d'une autre méthode, dans laquelle il mesurait l'effort nécessaire pour arracher un très petit contact de fer doux appliqué successivement sur les différentes sections du barreau; on peut admettre que ce contact prend par influence une aimantation proportionnelle à la composante normale cherchée; l'effort mesuré est donc proportionnel au carré de cette composante. Le contact A (fig. 20)

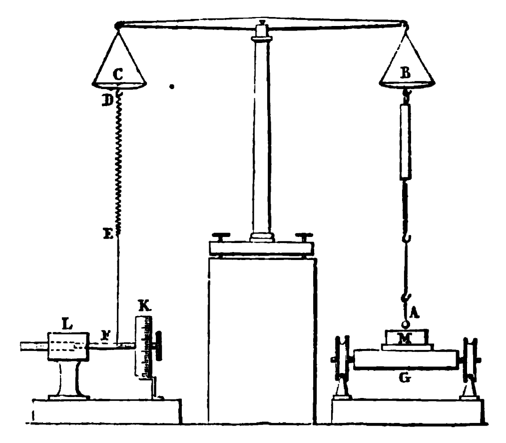


Fig. 20. — Contact d'épreuve pour la distribution du magnétisme.

était suspendu à l'un des plateaux d'une balance et équilibré par un ressort à boudin DE attaché

à un fil F qui s'enroulait sur un treuil gradué KL. L'appareil étant au zéro, on applique le contact sur le barreau M, qu'on veut étudier, et l'on tourne le treuil KL jusqu'à ce qu'il se détache. On fait ensuite avancer le barreau M et l'on recommence les mêmes opérations.

Signalons enfin la méthode de Van Rees, qui est fondée sur les propriétés des courants d'induction et donne la composante normale avec plus d'exactitude.

Courbes des composantes normales. — En élevant en tous les points du barreau des ordonnées proportionnelles aux nombres obtenus, on obtient une courbe qui ne peut représenter, comme nous l'avons dit, que les composantes

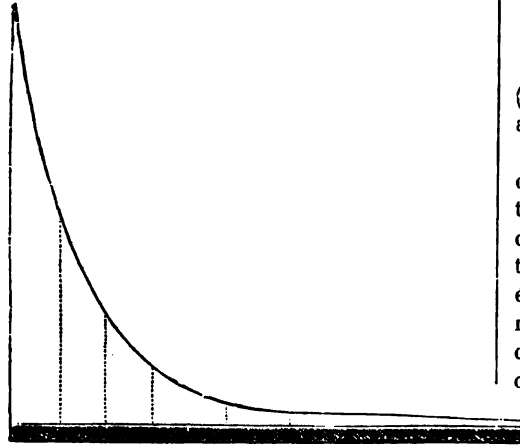


Fig. 21. — Courbe des composantes normales.

normales. La fig. 21 montre l'aspect des courbes obtenues par Coulomb pour les aimants cylindriques. Biot a montré qu'elles peuvent être représentées par la formule

$$y = A\,(\mu^x - \mu^{l-x})$$

l étant la longueur du barreau, A et μ deux constantes; les abscisses x sont comptées à partir d'une des extrémités. La figure représente seulement la moitié de l'aimant; la distribution sur l'autre moitié serait figurée par une courbe égale, mais symétrique, le magnétisme étant de signe contraire.

On peut obtenir une représentation approchée du phénomène en remplaçant la courbe par une droite. Coulomb divisait les aimants en deux catégories, les aimants longs, ayant une longueur supérieure à 50 fois leur diamètre, et les aimants courts, ayant une longueur inférieure à cette limite. Pour ces derniers, le magnétisme est figuré sensiblement par une droite faisant avec le barreau NS un angle constant (fig. 22 *a*). Pour les aimants longs, la distribution est représentée par deux triangles ayant les mêmes dimensions que pour un aimant dont la longueur serait exactement égale à 50 diamètres; leur base est donc égale à 25 fois le diamètre

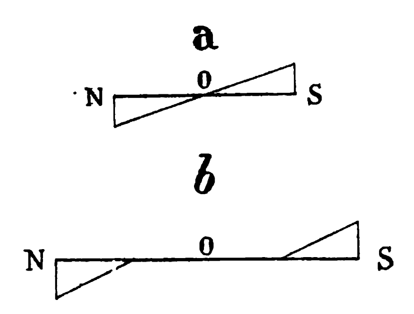


Fig. 22. — Lignes de distribution d'après Coulomb.

(fig. 22, *b*). Dans l'espace intermédiaire, il n'y a qu'une quantité de magnétisme négligeable.

Position des pôles. — Si les courbes précédentes représentaient exactement la distribution du magnétisme, il serait facile d'en déduire la position exacte des pôles. En effet, l'action d'un champ uniforme sur chaque masse étant proportionnelle à la grandeur de cette masse, les ordonnées représenteraient l'action de ce champ. Il suffirait donc de composer des forces parallèles dont les grandeurs seraient figurées par ces ordonnées. Le point d'application de la résultante de ces forces s'obtiendrait en projetant sur le barreau le centre de gravité de la courbe ou de l'aire triangulaire. D'après la fig. 22, les pôles seraient donc, pour les aimants courts, au sixième de la longueur à partir de l'extrémité; dans les aimants longs, ils seraient à une distance de l'extrémité fixe et égale à environ 8 fois le diamètre. Les courbes précédentes ne représentant que les composantes normales, on n'obtient ainsi qu'approximativement la position des pôles.

Intensité d'aimantation. — Voy. Aimantation.

Hypothèses sur la constitution des aimants. — On a d'abord expliqué le magnétisme par l'existence de deux fluides coexistant en quantité égale et illimitée dans les barreaux d'acier; par suite l'aimantation pourrait augmenter sans limites.

Ampère a été amené le premier par l'étude des solénoïdes et des actions électromagnétiques à assimiler les aimants à des courants. L'expérience de l'aimant brisé conduit à con-

sidérer les aimants comme formés par une série de petits aimants moléculaires. On peut admettre qu'à l'état neutre chaque molécule est entourée par un courant électrique infiniment petit et forme un aimant élémentaire; mais, dans ces conditions, tous ces petits aimants ont des directions quelconques. Sous l'action d'un champ magnétique, toutes ces particules tendent à s'orienter, et à placer leurs axes dans la direction de ce champ. L'aimantation est d'autant plus forte que le phénomène est plus complet, et elle est maximum lorsque les axes de toutes les molécules sont devenus parallèles. Il résulte en effet de toutes les expériences que l'aimantation doit avoir une limite. Weber et Maxwell ont développé cette théorie, qui indique sensiblement les résultats que nous trouverons plus loin pour les coefficients, d'aimantation.

Jamin considère les aimants comme formés par des files de molécules magnétiques égales, et suppose l'aimantation uniforme sur toute la longueur d'un même filet. Les aimants élémentaires qui constituent un même filet se touchent par leurs pôles de noms contraires; par suite les actions de ces pôles égaux se neutralisent sur toute la longueur, sauf aux extrémités. Les filets sont donc inactifs sur toute leur étendue, sauf aux deux bouts, où ils présentent des pôles de même intensité pour tous. Chaque filet forme ce qu'on appelle un aimant solénoïdal.

Dans un barreau aimanté longitudinalement, tous les filets traversent parallèlement la section moyenne ou ligne neutre, qui les entoure comme un anneau; mais, à mesure qu'ils s'éloignent de ce point, ils s'épanouissent de plus en plus, par la répulsion mutuelle des pôles voisins, qui sont tous de même signe; l'ensemble des filets va donc en s'élargissant à chaque bout comme un double éventail. Pour un même acier, le nombre des solénoïdes contenus dans un aimant est proportionnel à cette section, et la surface nécessaire pour leur épanouissement à chaque bout ne peut être inférieure à une certaine limite. Jamin donne le nom d'aimants *métripolaires* à ceux qui présentent exactement cette longueur limite. Si la longueur de l'aimant est plus grande, le nombre des solénoïdes, et par suite la quantité totale de magnétisme, n'augmente pas; mais le moment magnétique devient plus grand, puisque les pôles des solénoïdes sont plus éloignés du milieu. Ce sont les aimants *mégapolaires*.

Si l'aimant est trop court, il offre une surface insuffisante pour l'épanouissement des pôles; certains solénoïdes, voisins des bords, dont les pôles opposés se trouvent alors très rapprochés, se ferment sur eux-mêmes, par l'attraction mutuelle de leurs pôles et la répulsion des pôles voisins, et n'exercent plus alors aucune action. Ce sont les aimants *brachypolaires*.

Influence de l'épaisseur des aimants. — Jamin a étudié la pénétration du magnétisme dans l'intérieur des aimants, en usant la surface à la meule ou par l'action d'un acide. Pour les lames minces, il a trouvé que, si la lame est mégapolaire, la quantité de magnétisme qui reste est proportionnelle à la section conservée; si la lame est brachypolaire, cette quantité décroît moins vite que la section, car on coupe un certain nombre de filets qui s'étaient fermés et qui peuvent alors s'épanouir librement.

Il n'en est plus de même si l'aimant est épais: on constate alors que l'aimantation est principalement superficielle, et que les parties intérieures sont à peu près dépourvues de magnétisme. Il n'est donc pas utile d'augmenter beaucoup l'épaisseur des aimants.

Faisceaux magnétiques. — Lorsqu'on aimante un barreau d'acier, l'influence s'exerce surtout sur les couches superficielles, et la partie centrale s'aimante peu ou pas. Aussi, pour obtenir des aimants puissants, a-t-on coutume d'aimanter séparément un certain nombre de lames minces et de les superposer ensuite, en mettant du même côté tous les pôles de même nom. Souvent on fixe aux extrémités des plaques de fer doux qui s'aimantent par influence et



Fig. 23. — Aimant laminaire de Jamin (Ducretet).

forment les pôles de l'appareil. La figure 64 montre un de ces *faisceaux magnétiques* en forme de parallélépipède. Jamin a indiqué une disposition dans laquelle l'aimant (fig. 23) se compose d'une série de lames aimantées dans le même sens et repliées sur elles-mêmes; les pôles de fer doux sont séparés par une plaque de laiton ; une lame de même substance recouvre l'aimant et le protège contre la rouille. Cette disposition est peu employée maintenant.

Action démagnétisante. Aimantation à saturation. — Dans un faisceau magnétique, il est évident que chaque lame est soumise à l'influence des lames voisines et tend à s'aimanter en sens contraire; si l'on démonte un faisceau au bout de quelque temps, on voit que le moment des lames a diminué, surtout pour les lames centrales.

Il est évident qu'une action démagnétisante analogue se produit dans un barreau unique, chaque couche du barreau agissant sur les couches voisines. Aussi un barreau d'acier qu'on a fortement aimanté perd peu à peu pendant un certain temps une partie de son aimantation, et finit par conserver une aimantation fixe, qu'on ne peut augmenter par aucun procédé. On dit qu'il est aimanté *à saturation*.

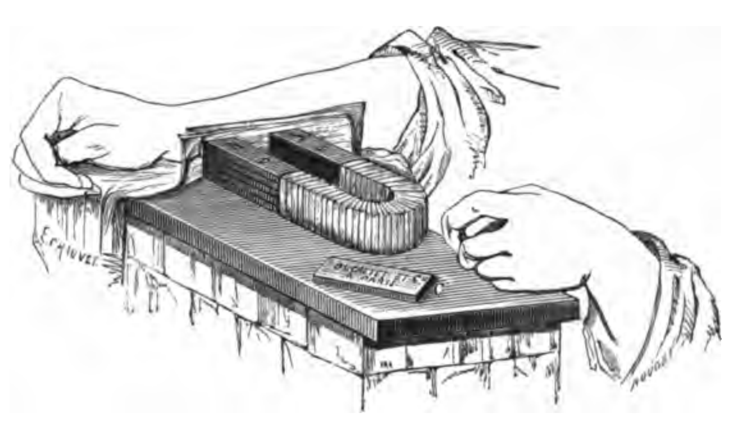
Influence de la trempe et du recuit. — La trempe et le recuit influent beaucoup sur la limite d'aimantation. La force coercitive est d'autant plus grande que l'acier a été porté à une température plus élevée et refroidi plus brusquement. L'acier trempé très raide s'aimante peu, mais retient fortement l'aimantation. Au lieu de tremper l'acier par les procédés ordinaires, on peut aussi avoir recours à la compression, suivant le procédé de M. Clémandot; l'acier est chauffé au rouge cerise et soumis à une pression de 20 à 30 kilogrammes par millimètre carré.

Les aciers d'Allevard sont ceux qui conviennent le mieux à la fabrication des aimants; ils possèdent une force coercitive considérable, qu'on attribue à la présence d'une petite quantité de tungstène.

On a fait aussi des aimants en nickel et en cobalt, qui ont présenté une force coercitive égale à celle de l'acier.

Usages des aimants. — Les aimants présentent un grand nombre d'applications. Ils entrent dans la construction des boussoles, des téléphones, des machines magnéto-électriques; ils peuvent servir à constater la présence du fer dans les minerais, et à séparer les parcelles de fer des autres métaux. Enfin, l'on essaye depuis quelques années d'employer les aimants en thérapeutique.

L'action des aimants n'a guère été essayée jusqu'ici que sur les hystériques. Ils paraissent agir en provoquant des courants d'induction dans les nerfs et les centres nerveux, lorsqu'on leur fait subir des déplacements. Quand on les laisse fixes, il est probable qu'ils amènent une orientation des courants nerveux, encore peu étudiée et dans tous les cas fort obscure Aucune étude physiologique sérieuse de cette action n'a encore été faite jusqu'ici. L'application d'un aimant paraît apte à faire disparaître une douleur névralgique ou une paralysie locale en la faisant passer avec moins d'intensité dans la partie symétrique du corps. On peut ainsi la faire disparaître peu à peu. M. Charcot a pu ainsi faire disparaître la contracture de la main et du poignet gauche (fig. 24).


Fig. 24. — Aimant de M. Charcot.

M. Ochorowiez a employé l'action de l'aimant pour reconnaître les personnes hypnotisables (Voy. HYPNOSCOPE).

AIMANTATION. — Action d'aimanter.

Aimantation par influence. — Un morceau de fer ou d'acier, placé dans un champ magnétique, se transforme en un véritable aimant et prend un pôle sud du côté d'où viennent les lignes de force, un pôle nord du côté opposé. Cette aimantation par influence se produit instantanément si le fer est complètement doux, plus lentement pour le fer écroui ou

impur, la fonte et surtout l'acier trempé. Mais elle persiste dans ce cas, tandis que celle du fer doux cesse avec l'influence qui lui a donné naissance.

On nomme *force coercitive* la propriété qui permet à l'acier de garder l'aimantation et l'empêche de revenir à l'état neutre.

On appelle *magnétisme temporaire* celui qui existe seulement pendant la durée de l'influence, et *magnétisme rémanent* ou *résiduel* celui qui persiste après que l'influence a cessé.

L'influence magnétique est absolument analogue à l'influence électrique. Un morceau de fer doux aimanté par influence peut à son tour en aimanter un autre; celui-ci peut agir de même sur un troisième, et ainsi de suite; on peut le vérifier à l'aide de cylindres de fer doux ou plus simplement de clous un peu longs.

L'aimantation par influence joue un rôle important dans les attractions magnétiques; les parcelles de limaille qui se suspendent à l'extrémité d'un aimant sont aimantées par influence et tournent toutes vers le pôle de l'aimant leurs pôles de nom contraire. Il en est de même dans l'expérience des spectres magnétiques. C'est aussi grâce à l'aimantation par influence qu'on obtient les aimants artificiels.

Coefficient d'aimantation. — Lorsqu'un barreau s'aimante par influence, l'intensité d'aimantation A qu'il acquiert dépend évidemment de la force magnétisante F ou de l'intensité du champ qui agit sur lui, et aussi de la nature du barreau. Le rapport de l'intensité d'aimantation à la force magnétisante est ce qu'on appelle le *coefficient d'aimantation* ou la *susceptibilité magnétique* de la substance employée.

$$k = \frac{A}{F}.$$

On dit que ce coefficient est positif ou négatif, suivant qu'il s'agit d'un corps magnétique ou diamagnétique.

Pour déterminer le coefficient d'aimantation, il faut donc mesurer A et F. Mais la mesure de A est très compliquée, l'intensité d'aimantation étant généralement variable d'un point à un autre. On cherche d'ordinaire à donner au corps une aimantation uniforme, afin de pouvoir obtenir A en divisant le moment magnétique du corps par son volume. Or l'expérience montre qu'il ne suffit pas pour cela de placer le barreau étudié dans un champ uniforme, car chaque point se trouve alors soumis non seulement à l'action uniforme du champ, mais aussi à l'influence des masses magnétiques développées par cette action en tous les autres points du barreau. Il faut donc en outre adopter une disposition qui puisse annuler ou tout au moins rendre constante cette influence.

Le calcul montre que cette condition est satisfaite pour une sphère, ou pour un ellipsoïde dont un des axes est parallèle à la direction du champ, ou pour un anneau placé de telle sorte que cette direction soit toujours tangente à un cercle concentrique. Enfin, pour un cylindre dont la longueur est au moins 300 ou 400 fois plus grande que le diamètre, et dont l'axe est parallèle à la direction du champ, l'action se réduit, pour la plus grande partie de la longueur, à celle du champ, et l'aimantation est uniforme pour toute cette partie, mais non aux extrémités. Il suffit de diviser cette intensité par l'intensité du champ pour avoir k.

Pour les corps diamagnétiques ou faiblement magnétiques, le coefficient d'aimantation est constant quelle que soit la force magnétisante; l'intensité d'aimantation est donc proportionnelle à cette force. Mais il n'en est plus de même pour les corps fortement magnétiques, le fer, le nickel ou le cobalt. Pour ces substances, l'intensité d'aimantation est d'abord proportionnelle à la force magnétisante, puis elle augmente moins vite et finit par devenir constante. Le coefficient est donc d'abord constant, puis diminue jusqu'à zéro.

A la température ordinaire, le maximum d'aimantation est d'environ 1,800 à 2,500 unités C. G. S. pour le fer doux, de 500 pour le nickel, de 800 pour le cobalt.

Le coefficient d'aimantation varie avec la température. Pour le fer, il varie très peu de 0° à 680°; il diminue alors brusquement et devient nul vers 770°.

Pour le nickel, ce coefficient augmente un peu jusqu'à 200°, puis décroît ensuite et devient nul vers 340°. Pour le cobalt, il augmente jusqu'à 325°.

Intensité d'aimantation. — On nomme *intensité moyenne d'aimantation* le quotient du moment magnétique d'un barreau par son volume. L'intensité d'aimantation en un point est le quotient du moment magnétique d'un petit élément de volume pris autour de ce point par le volume de cet élément, ou, en d'autres termes, le moment magnétique de l'unité de volume autour de ce point.

Si cette intensité est la même en grandeur et en direction en tous les points du barreau, on dit que l'aimantation est uniforme; l'intensité

moyenne est alors égale à l'intensité en chaque point, et s'obtient en divisant le moment magnétique par le volume total.

Dans les aimants d'acier ordinaires, l'intensité moyenne d'aimantation est comprise entre 200 et 400 unités C. G. S.; dans les aimants longs et minces; elle peut s'élever jusqu'à 800. L'intensité d'aimantation du fer doux peut atteindre le double de cette valeur; c'est ce qui donne aux électro-aimants une grande force.

Procédés d'aimantation. — Pour aimanter un barreau d'acier d'une manière un peu intense, il ne suffit pas de le placer dans un champ magnétique où il soit soumis à l'influence d'un barreau déjà aimanté; il faut lui communiquer des ébranlements qui puissent vaincre la force coercitive. On se sert quelquefois encore des procédés anciens par friction, mais on a recours le plus souvent à l'action des courants.

1° *Méthode de la simple touche.* — Ce procédé très simple s'applique surtout à l'aimantation des petites aiguilles. Le barreau à aimanter est placé en *ab* sur une table où il est maintenu par une petite cale de bois (fig. 25), puis on le frotte toujours dans le même sens, par exemple de *a* en *b*, avec le même pôle d'un aimant. Si l'on a employé le pôle nord, il se forme un pôle nord au point *a*, qu'on a touché le premier. En changeant la direction du mouvement ou le pôle en contact avec le barreau, on renverserait l'aimantation obtenue.

2° *Méthode de la touche séparée.* — Cette méthode donne de meilleurs résultats. On place au milieu du barreau à aimanter les pôles opposés de deux forts aimants (fig. 26) et on les fait glisser en sens inverse jusqu'aux extrémités; on les enlève, on les replace au milieu et on recommence un certain nombre de fois. Il se forme un pôle sud à l'extrémité qui a été frottée par le pôle nord, et réciproquement.

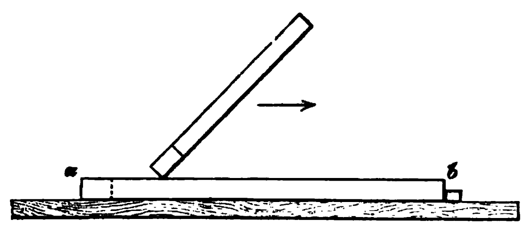
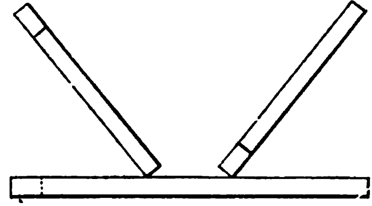


Fig. 25. — Aimantation par simple touche.


Fig. 26. — Aimantation par touches séparées.

3° *Méthode de la double touche.* — Pour les gros barreaux, il vaut mieux séparer les deux aimants par une cale de bois et les faire glisser ensemble, d'abord jusqu'à l'une des extrémités, puis jusqu'à l'autre, et continuer à frotter un certain nombre de fois; on s'arrête au milieu, après avoir frotté un même nombre de fois chacune des moitiés. Dans ces deux procédés, on augmente l'effet obtenu en plaçant chacune des extrémités du barreau sur un pôle de nom contraire à celui qui doit s'y former.

4° *Aimantation par l'action de la terre.* — Le champ magnétique terrestre produit sur l'acier des phénomènes d'influence; aussi la plupart des objets en acier présentent-ils une légère aimantation, surtout lorsqu'ils ont été soumis à des chocs répétés. Un barreau d'acier, qu'on place parallèlement à l'aiguille d'inclinaison et dont on frappe l'extrémité, prend un pôle nord à son extrémité inférieure et un pôle sud à l'extrémité supérieure. Un faisceau de fils de fer doux, placé dans cette direction et tordu sur lui-même, s'aimante aussi; mais le champ magnétique terrestre, étant peu intense, ne produit jamais qu'une faible aimantation.

5° *Aimantation par les courants.* — La présence d'un courant produit un champ magnétique qui ne diffère en rien de celui d'un aimant. Un barreau de fer ou d'acier placé dans ce champ doit donc s'y aimanter par influence. Arago a vu en effet, en 1820, qu'un fil de cuivre traversé par un courant attire la limaille de fer, et qu'une aiguille d'acier, placée perpendiculairement à ce fil, s'aimante de manière que son pôle nord soit à gauche du courant, la gauche et la droite du courant étant définies d'après la règle d'Ampère.

On augmente considérablement l'intensité des effets obtenus en se servant d'un multiplicateur ou mieux d'un fil enroulé en spirale autour d'un tube de verre. La règle d'Ampère s'applique toujours. Ainsi le barreau NS (fig. 27) prendra un pôle nord vers la gauche, le sens du courant étant celui des flèches.

Ce procédé donne rapidement le maximum d'aimantation. Il se prête aussi très facilement à la production des points conséquents. Il suffit

de changer brusquement le sens d'enroulement du fil : ainsi le barreau *nn'* prendra un pôle nord à chaque extrémité et un pôle sud en *s*.

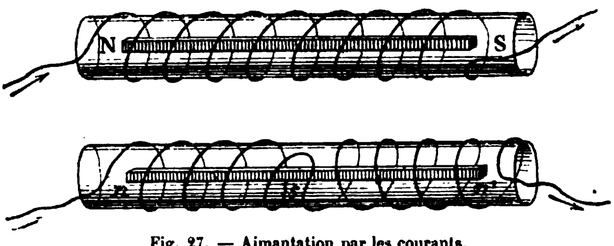


Fig. 27. — Aimantation par les courants.

Le fer doux peut acquérir sous l'influence d'un courant une aimantation extrêmement puissante, qui cesse aussitôt qu'on interrompt celui-ci. On obtient ainsi des *électro-aimants*, qui sont utilisés dans un nombre considérable d'applications.

Procédés industriels. — Dans l'industrie, on aimante les aimants droits en les plaçant dans une bobine parcourue par un fort courant. Pour les aimants en fer à cheval, on les applique sur les pôles de forts électro-aimants, dans lesquels on fait passer pendant quelques secondes le courant d'une dynamo à courant continu. On peut aussi faire glisser le fer à cheval sur les pôles de l'électro, depuis sa courbure jusqu'aux extrémités; on recommence un certain nombre de fois, puis on agit de même sur l'autre face en tirant en sens contraire.

AIMANTER. — Communiquer au fer, à l'acier et à quelques métaux analogues, la propriété magnétique. (Voy. Aimantation.)

AJUSTAGE ÉLECTRIQUE. — Procédé qui permet de ramener exactement au poids légal, par voie électrolytique, les *flans* ou rondelles d'or ou d'argent que la frappe doit transformer en monnaies. Si la pièce est trop lourde, on la prend pour anode soluble dans un bain de dorure ou d'argenture ; si elle est trop légère, on la suspend au contraire à la cathode. On réunit généralement ensemble plusieurs pièces ayant la même erreur pour les corriger d'un seul coup. On peut même placer simultanément aux deux électrodes deux groupes de pièces présentant toutes la même erreur, mais les unes en moins et les autres en plus. Une disposition automatique, semblable à celle de la balance argyrométrique (voy. ce mot), arrête l'opération lorsque les pièces ont pris exactement le poids légal.

ALCOOLS (Rectification des). — Certains alcools mauvais goût ne peuvent pas être purifiés suffisamment par les procédés chimiques. MM. Naudin et Schneider ont montré que, dans certaines conditions, l'électrolyse peut amener la destruction ou la transformation des aldéhydes ou des alcools supérieurs qui produisent ce mauvais goût.

Dans ce procédé, on soumet d'abord les flegmes à une action hydrogénante. Les électrodes sont des lames de zinc placées horizontalement et percées de trous pour le dégagement des gaz, mais elles doivent d'abord subir une préparation. Pour cela, on remplit la cuve d'une dissolution de sulfate de cuivre dans les flegmes, qu'on y laisse séjourner vingt-quatre heures, à une température de 20° à 25°; le cuivre déposé par électrolyse forme bientôt sur les lames une couche brune adhérente. Après avoir répété cinq fois cette opération, on procède à la rectification des flegmes, qui séjournent dans la cuve de six à quarante-huit heures. L'action du couple zinc-cuivre produit de l'oxyde de cuivre et de l'hydrogène, qui paraît employé à transformer les aldéhydes. On ajoute de temps en temps un peu d'acide chlorhydrique pour dissoudre l'oxyde de cuivre. Les flegmes sont ensuite rectifiés.

Cette première opération ne suffit pas toujours, notamment dans le cas des flegmes de betteraves, qui gardent encore un léger mauvais goût. On les additionne alors d'acide chlorhydrique et on leur fait traverser sous pression une série de voltamètres hermétiquement fermés et munis d'électrodes en cuivre. L'oxygène brûle les impuretés qui subsistent encore; les flegmes sont ensuite rectifiés.

ALLIANCE (Machine de l'). — Voy. Machines d'induction.

ALLUMAGE ÉLECTRIQUE. — En dehors des appareils industriels servant à l'allumage, que nous décrirons plus loin (Voy. Allumoirs), on peut facilement appliquer l'électricité à l'allumage instantané d'un nombre quelconque de bougies ou de becs de gaz.

Voici un premier procédé pour l'allumage des bougies, fondé sur l'emploi d'une spirale de platine rendue incandescente par le courant. On dispose, dans un coin de la pièce ou mieux dans un placard, de façon à la dissimuler, une pile dont on relie les pôles aux deux extrémités d'une spirale en platine suffisamment fine (fig. 28); le circuit comprend un bouton de sonnerie servant d'interrupteur. D'autre part,

on attache à la spirale de platine un fil de fulmi-coton qui va s'enrouler autour des mèches de toutes les bougies jusqu'à la dernière. L'expérience étant ainsi préparée, il suffit de presser sur le bouton pour produire l'allumage; la spirale devient incandescente et met le feu au fulmi-coton, qui brûle comme une traînée de poudre et allume de proche en proche toutes les bougies presque instantanément.

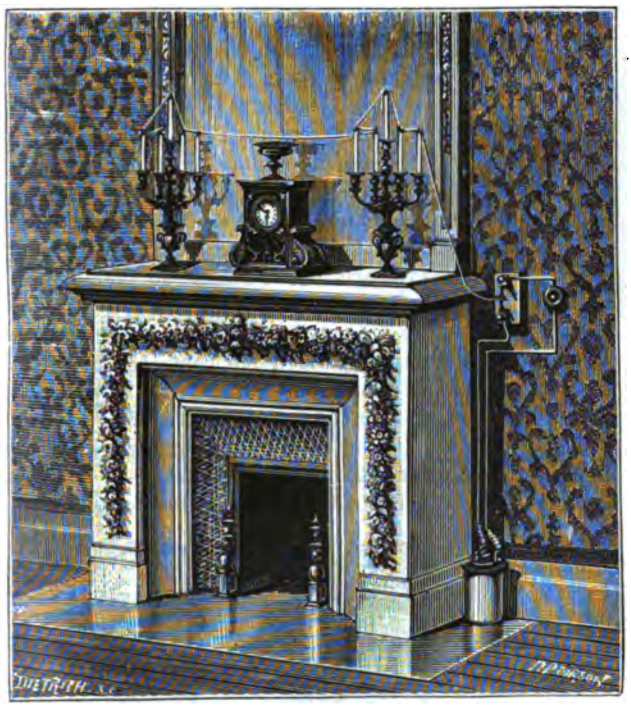


Fig. 28. — Allumage des bougies par une spirale incandescente.

Un autre système, déjà ancien, consiste dans l'emploi de l'étincelle d'induction. En 1852, du Moncel et Liais proposèrent l'emploi de la bobine de Ruhmkorff, et leur système fut appliqué à l'allumage de la mire de l'Observatoire de Paris, qui est située, comme on le sait, à une certaine distance de l'Observatoire lui-même. Abandonnée à cette époque, cette méthode fut reprise en 1873 par Gaiffe et appliquée par lui à l'allumage instantané des becs de gaz de la salle des séances de l'Assemblée nationale à Versailles, et de celle du Sénat en 1880.

La salle de Versailles contenait 356 becs de gaz, qui portaient chacun un *inflammateur*, formé de deux tiges de fer entre lesquelles éclatait l'étincelle. Ces inflammateurs étaient divisés en 18 groupes, reliés séparément à une bobine d'induction pouvant donner des étincelles de 15 centimètres. Les becs de chaque groupe s'allumaient simultanément. Un commutateur distributeur envoyait successivement le courant induit dans les 18 circuits, et l'allumage total ne durait pas plus de 14 secondes.

Ce système, peu répandu en France, a reçu de nombreuses applications en Amérique, où des villes entières en font usage. Il est du reste très simple, et tout amateur peut l'installer facilement.

ALLUMEUR - EXTINCTEUR. — Appareil servant à allumer et à éteindre une ou plusieurs lampes électriques par une manœuvre très simple et généralement identique dans les deux cas.

Allumeur - extincteur Browett. — L'organe essentiel de cet appareil (fig. 29) est une tige qui peut tourner autour d'un axe horizontal, et porte à sa partie supérieure un prolongement triangulaire. Lorsqu'on tire l'anneau, une lame verticale, fixée au bout d'un ressort, vient exercer une pression sur cette pièce et, suivant le côté du triangle qu'elle rencontre, elle agit d'un côté ou de l'autre de l'axe et fait basculer la tige à gauche ou à droite. Dans le premier cas, les extrémités de cette tige viennent s'engager sous deux pièces métalliques reliées aux fils et ferment le circuit : la lampe s'allume. Dans le second cas, la tige prend la position que représente notre dessin, et le circuit est ouvert : il en résulte que la lampe s'éteint. Le ressort le plus long sert à maintenir le levier dans la position qu'on lui a fait prendre.

Bouton allumeur-extincteur. — Le bouton allumeur-extincteur de Salomon permet d'obtenir le même effet avec une égale facilité. Il a extérieurement la forme d'un bouton de sonnerie. Dans l'intérieur se trouve une roue à rochet ayant huit dents et munie de quatre goupilles perpendiculaires à son plan. Le bouton lui-même porte une goupille qui vient toucher une des dents et faire avancer la roue d'un huitième de tour chaque fois qu'on appuie sur lui. A côté de la roue se trouve une lame de laiton formant ressort et que les goupilles de celle-ci viennent toucher pour fermer le circuit. Si le courant ne passe pas, une pression sur le bouton fait avancer la roue d'un huitième de tour

la distribution du magnétisme dans l'intérieur d'un aimant, de même que la distribution de l'électricité dans l'intérieur d'un corps isolant. Il est facile de voir en effet que les masses magnétiques contenues dans un aimant équivalent, quelle que soit leur distribution, à deux couches superficielles égales et de signes contraires, qui seraient distribuées sur la surface suivant une certaine loi. En effet, nous pouvons, d'après ce que nous avons dit plus haut, supposer pour un instant les masses magnétiques remplacées par des masses électriques de même valeur, mais fixes, comme le sont les masses magnétiques elles-mêmes, et l'aimant recouvert d'une surface conductrice infiniment mince et en communication avec le sol. On sait (Voy. INFLUENCE ÉLECTRIQUE) que cette surface se recouvrirait d'une couche électrique dont la masse serait égale et de signe contraire à la somme algébrique des masses intérieures, et qui exercerait sur tout point extérieur une action égale et contraire à celle des masses données. Donc on pourrait remplacer toutes les masses intérieures par une couche distribuée sur cette surface et dont la densité serait en chaque point égale et contraire à celle de la couche précédente. La même substitution peut se faire aussi pour les masses magnétiques, mais dans ce cas la couche ainsi imaginée devra avoir une masse totale nulle; elle sera donc formée de deux couches égales et de signes contraires, recouvrant l'une l'extrémité nord, l'autre l'extrémité sud, et séparées par une ligne neutre.

L'étude des actions exercées par un aimant sur les points extérieurs ne peut donc pas nous faire connaître la distribution intérieure; elle ne peut même fournir que des renseignements assez imparfaits sur la couche fictive que nous venons de définir, car elle fait connaître seulement la composante normale de l'action, et, la couche fictive n'étant pas en général une couche d'équilibre, cette composante n'est pas proportionnelle à la densité au point correspondant.

Expériences de Coulomb et de Jamin. — Coulomb a essayé le premier de déterminer la distribution du magnétisme par la méthode des oscillations. Une très petite aiguille aimantée, suspendue à un fil de soie sans torsion, se plaçait d'elle-même dans le méridien magnétique; on la faisait osciller, d'abord sous l'action de la terre seule, puis sous l'action combinée de la terre et du barreau, à deux distances différentes (Voy. MÉTHODE DES OSCILLATIONS). Si n, N et N' sont les nombres d'oscillations par seconde dans ces trois cas, F et F' les actions du barreau, on a

$$\frac{F}{F'} = \frac{N^2 - n^2}{N'^2 - n^2}.$$

Le rapport $\frac{F}{F'}$ est celui des composantes normales aux deux points observés. Cependant une correction est nécessaire lorsqu'on arrive à l'extrémité du barreau, à cause du défaut de symétrie qui se produit alors : Coulomb doublait le nombre obtenu dans ce cas, mode de correction insuffisamment exact.

Coulomb s'est également servi pour cette étude de la balance de torsion magnétique (Voy. ce mot); une longue aiguille aimantée étant suspendue à l'extrémité d'un fil métallique et en équilibre dans le méridien magnétique, on introduisait dans l'appareil un long barreau aimanté placé verticalement dans le méridien et qui repoussait l'aiguille; on mesurait dans chaque cas la torsion nécessaire pour ramener l'aiguille à une distance fixe et très petite de l'aimant. Ces expériences furent les seules exécutées jusqu'à ces dernières années.

Jamin s'est servi d'une autre méthode, dans laquelle il mesurait l'effort nécessaire pour arracher un très petit contact de fer doux appliqué successivement sur les différentes sections du barreau; on peut admettre que ce contact prend par influence une aimantation proportionnelle à la composante normale cherchée; l'effort mesuré est donc proportionnel au carré de cette composante. Le contact A (fig. 20)

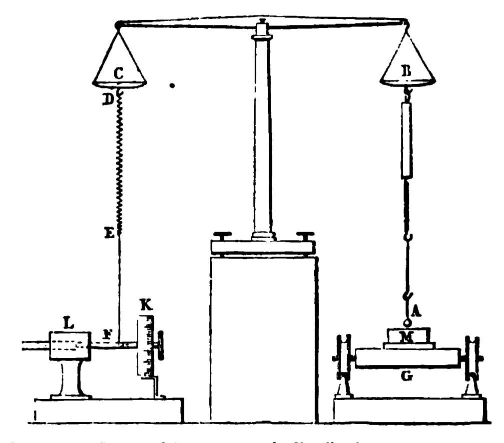


Fig. 20. — Contact d'épreuve pour la distribution du magnétisme.

était suspendu à l'un des plateaux d'une balance et équilibré par un ressort à boudin DE attaché

à un fil F qui s'enroulait sur un treuil gradué KL. L'appareil étant au zéro, on applique le contact sur le barreau M, qu'on veut étudier, et l'on tourne le treuil KL jusqu'à ce qu'il se détache. On fait ensuite avancer le barreau M et l'on recommence les mêmes opérations.

Signalons enfin la méthode de Van Rees, qui est fondée sur les propriétés des courants d'induction et donne la composante normale avec plus d'exactitude.

Courbes des composantes normales. — En élevant en tous les points du barreau des ordonnées proportionnelles aux nombres obtenus, on obtient une courbe qui ne peut représenter, comme nous l'avons dit, que les composantes normales. La fig. 21 montre l'aspect des courbes obtenues par Coulomb pour les aimants cylindriques. Biot a montré qu'elles peuvent être représentées par la formule

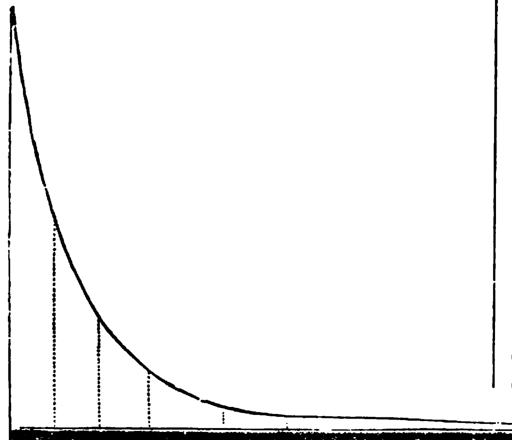


Fig. 21. — Courbe des composantes normales.

$$y = A(\mu^x - \mu^{l-x})$$

l étant la longueur du barreau, A et μ deux constantes; les abscisses x sont comptées à partir d'une des extrémités. La figure représente seulement la moitié de l'aimant; la distribution sur l'autre moitié serait figurée par une courbe égale, mais symétrique, le magnétisme étant de signe contraire.

On peut obtenir une représentation approchée du phénomène en remplaçant la courbe par une droite. Coulomb divisait les aimants en deux catégories, les aimants longs, ayant une longueur supérieure à 50 fois leur diamètre, et les aimants courts, ayant une longueur inférieure à cette limite. Pour ces derniers, le magnétisme est figuré sensiblement par une droite faisant avec le barreau NS un angle constant (fig. 22 *a*). Pour les aimants longs, la distribution est représentée par deux triangles ayant les mêmes dimensions que pour un aimant dont la longueur serait exactement égale à 50 diamètres; leur base est donc égale à 25 fois le diamètre

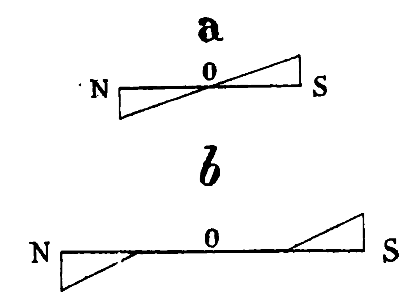


Fig. 22. — Lignes de distribution d'après Coulomb.

(fig. 22, *b*). Dans l'espace intermédiaire, il n'y a qu'une quantité de magnétisme négligeable.

Position des pôles. — Si les courbes précédentes représentaient exactement la distribution du magnétisme, il serait facile d'en déduire la position exacte des pôles. En effet, l'action d'un champ uniforme sur chaque masse étant proportionnelle à la grandeur de cette masse, les ordonnées représenteraient l'action de ce champ. Il suffirait donc de composer des forces parallèles dont les grandeurs seraient figurées par ces ordonnées. Le point d'application de la résultante de ces forces s'obtiendrait en projetant sur le barreau le centre de gravité de la courbe ou de l'aire triangulaire. D'après la fig. 22, les pôles seraient donc, pour les aimants courts, au sixième de la longueur à partir de l'extrémité; dans les aimants longs, ils seraient à une distance de l'extrémité fixe et égale à environ 8 fois le diamètre. Les courbes précédentes ne représentant que les composantes normales, on n'obtient ainsi qu'approximativement la position des pôles.

Intensité d'aimantation. — Voy. AIMANTATION.

Hypothèses sur la constitution des aimants. — On a d'abord expliqué le magnétisme par l'existence de deux fluides coexistant en quantité égale et illimitée dans les barreaux d'acier; par suite l'aimantation pourrait augmenter sans limites.

Ampère a été amené le premier par l'étude des solénoïdes et des actions électromagnétiques à assimiler les aimants à des courants. L'expérience de l'aimant brisé conduit à con-

sidérer les aimants comme formés par une série de petits aimants moléculaires. On peut admettre qu'à l'état neutre chaque molécule est entourée par un courant électrique infiniment petit et forme un aimant élémentaire; mais, dans ces conditions, tous ces petits aimants ont des directions quelconques. Sous l'action d'un champ magnétique, toutes ces particules tendent à s'orienter, et à placer leurs axes dans la direction de ce champ. L'aimantation est d'autant plus forte que le phénomène est plus complet, et elle est maximum lorsque les axes de toutes les molécules sont devenus parallèles. Il résulte en effet de toutes les expériences que l'aimantation doit avoir une limite. Weber et Maxwell ont développé cette théorie, qui indique sensiblement les résultats que nous trouverons plus loin pour les coefficients, d'aimantation.

Jamin considère les aimants comme formés par des files de molécules magnétiques égales, et suppose l'aimantation uniforme sur toute la longueur d'un même filet. Les aimants élémentaires qui constituent un même filet se touchent par leurs pôles de noms contraires; par suite les actions de ces pôles égaux se neutralisent sur toute la longueur, sauf aux extrémités. Les filets sont donc inactifs sur toute leur étendue, sauf aux deux bouts, où ils présentent des pôles de même intensité pour tous. Chaque filet forme ce qu'on appelle un aimant solénoïdal.

Dans un barreau aimanté longitudinalement, tous les filets traversent parallèlement la section moyenne ou ligne neutre, qui les entoure comme un anneau; mais, à mesure qu'ils s'éloignent de ce point, ils s'épanouissent de plus en plus, par la répulsion mutuelle des pôles voisins, qui sont tous de même signe; l'ensemble des filets va donc en s'élargissant à chaque bout comme un double éventail. Pour un même acier, le nombre des solénoïdes contenus dans un aimant est proportionnel à cette section, et la surface nécessaire pour leur épanouissement à chaque bout ne peut être inférieure à une certaine limite. Jamin donne le nom d'aimants *métripolaires* à ceux qui présentent exactement cette longueur limite. Si la longueur de l'aimant est plus grande, le nombre des solénoïdes, et par suite la quantité totale de magnétisme, n'augmente pas; mais le moment magnétique devient plus grand, puisque les pôles des solénoïdes sont plus éloignés du milieu. Ce sont les aimants *mégapolaires*.

Si l'aimant est trop court, il offre une surface insuffisante pour l'épanouissement des pôles; certains solénoïdes, voisins des bords, dont les pôles opposés se trouvent alors très rapprochés, se ferment sur eux-mêmes, par l'attraction mutuelle de leurs pôles et la répulsion des pôles voisins, et n'exercent plus alors aucune action. Ce sont les aimants *brachypolaires*.

Influence de l'épaisseur des aimants. — Jamin a étudié la pénétration du magnétisme dans l'intérieur des aimants, en usant la surface à la meule ou par l'action d'un acide. Pour les lames minces, il a trouvé que, si la lame est mégapolaire, la quantité de magnétisme qui reste est proportionnelle à la section conservée; si la lame est brachypolaire, cette quantité décroît moins vite que la section, car on coupe un certain nombre de filets qui s'étaient fermés et qui peuvent alors s'épanouir librement.

Il n'en est plus de même si l'aimant est épais : on constate alors que l'aimantation est principalement superficielle, et que les parties intérieures sont à peu près dépourvues de magnétisme. Il n'est donc pas utile d'augmenter beaucoup l'épaisseur des aimants.

Faisceaux magnétiques. — Lorsqu'on aimante un barreau d'acier, l'influence s'exerce surtout sur les couches superficielles, et la partie centrale s'aimante peu ou pas. Aussi, pour obtenir des aimants puissants, a-t-on coutume d'aimanter séparément un certain nombre de lames minces et de les superposer ensuite, en mettant du même côté tous les pôles de même nom. Souvent on fixe aux extrémités des plaques de fer doux qui s'aimantent par influence et



Fig. 23. — Aimant laminaire de Jamin (Ducretet).

forment les pôles de l'appareil. La figure 64 montre un de ces *faisceaux magnétiques* en forme de parallélépipède. Jamin a indiqué une disposition dans laquelle l'aimant (fig. 23) se compose d'une série de lames aimantées dans le même sens et repliées sur elles-mêmes ; les pôles de fer doux sont séparés par une plaque de laiton ; une lame de même substance recouvre l'aimant et le protège contre la rouille. Cette disposition est peu employée maintenant.

Action démagnétisante. Aimantation à saturation. — Dans un faisceau magnétique, il est évident que chaque lame est soumise à l'influence des lames voisines et tend à s'aimanter en sens contraire; si l'on démonte un faisceau au bout de quelque temps, on voit que le moment des lames a diminué, surtout pour les lames centrales.

Il est évident qu'une action démagnétisante analogue se produit dans un barreau unique, chaque couche du barreau agissant sur les couches voisines. Aussi un barreau d'acier qu'on a fortement aimanté perd peu à peu pendant un certain temps une partie de son aimantation, et finit par conserver une aimantation fixe, qu'on ne peut augmenter par aucun procédé. On dit qu'il est aimanté *à saturation*.

Influence de la trempe et du recuit. — La trempe et le recuit influent beaucoup sur la limite d'aimantation. La force coercitive est d'autant plus grande que l'acier a été porté à une température plus élevée et refroidi plus brusquement. L'acier trempé très raide s'aimante peu, mais retient fortement l'aimantation. Au lieu de tremper l'acier par les procédés ordinaires, on peut aussi avoir recours à la compression, suivant le procédé de M. Clémandot; l'acier est chauffé au rouge cerise et soumis à une pression de 20 à 30 kilogrammes par millimètre carré.

Les aciers d'Allevard sont ceux qui conviennent le mieux à la fabrication des aimants ; ils possèdent une force coercitive considérable, qu'on attribue à la présence d'une petite quantité de tungstène.

On a fait aussi des aimants en nickel et en cobalt, qui ont présenté une force coercitive égale à celle de l'acier.

Usages des aimants. — Les aimants présentent un grand nombre d'applications. Ils entrent dans la construction des boussoles, des téléphones, des machines magnéto-électriques ; ils peuvent servir à constater la présence du fer dans les minerais, et à séparer les parcelles de fer des autres métaux. Enfin, l'on essaye depuis quelques années d'employer les aimants en thérapeutique.

L'action des aimants n'a guère été essayée jusqu'ici que sur les hystériques. Ils paraissent agir en provoquant des courants d'induction dans les nerfs et les centres nerveux, lorsqu'on leur fait subir des déplacements. Quand on les laisse fixes, il est probable qu'ils amènent une orientation des courants nerveux, encore peu étudiée et dans tous les cas fort obscure Aucune étude physiologique sérieuse de cette action n'a encore été faite jusqu'ici. L'application d'un aimant paraît apte à faire disparaître une douleur névralgique ou une paralysie locale en la faisant passer avec moins d'intensité dans la partie symétrique du corps. On peut ainsi la faire disparaître peu à peu. M. Charcot a pu ainsi faire disparaître la contracture de la main et du poignet gauche (fig. 24).

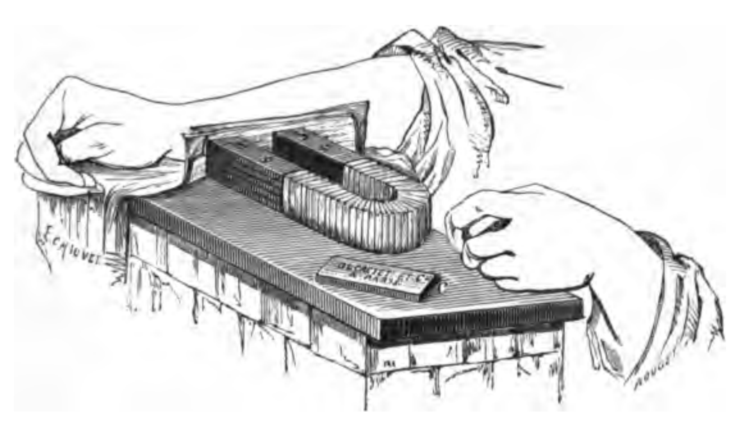


Fig. 24. — Aimant de M. Charcot.

M. Ochorowiez a employé l'action de l'aimant pour reconnaître les personnes hypnotisables (Voy. HYPNOSCOPE).

AIMANTATION. — Action d'aimanter.

Aimantation par influence. — Un morceau de fer ou d'acier, placé dans un champ magnétique, se transforme en un véritable aimant et prend un pôle sud du côté d'où viennent les lignes de force, un pôle nord du côté opposé. Cette aimantation par influence se produit instantanément si le fer est complètement doux, plus lentement pour le fer écroui ou

sorte qu'il suffit de donner un petit mouvement de rotation à la lampe pour fermer le circuit et la voir s'allumer.

Allume-gaz Arnould. — C'est surtout pour l'allumage du gaz que les spirales iucandescentes peuvent être employées utilement. La figure 35 montre une série de modèles reposant sur le même principe, mais ayant des formes différentes suivant les usages auxquels ils sont destinés. Chacun de ces allumoirs est formé de deux parties, un manche et une tige. Le manche, en ébonite ou en porcelaine, renferme une pile au bichromate dont le zinc B, placé à la base, est le pôle négatif, tandis que le pôle positif est représenté par un crayon de charbon qui la traverse dans toute sa longueur. Quand l'appareil est renversé, comme on le voit sur la figure théorique, le zinc B n'est pas immergé et la pile ne fonctionne pas; si l'on saisit l'appareil et qu'on le redresse pour s'en servir, la pile est immédiatement mise en marche. La tige de cet allumoir contient deux conducteurs isolés dont l'un est relié au charbon et l'autre communique avec le zinc par l'intermédiaire d'un cylindre métallique qui entoure le manche isolant. Les extrémités des conducteurs sont reliées par la spirale de platine. Notre figure montre le modèle ordinaire, puis un autre destiné à l'allumage des réverbères en temps de bourrasque, et un troisième pour l'allumage des rampes. Le second se termine par une petite cage cylindrique en laiton avec laquelle on coiffe le bec de gaz afin qu'il puisse s'allumer malgré le vent. Le dernier porte une sorte de gouttière métallique renversée qui recouvre plusieurs becs à la fois: cette gouttière se remplit d'un mélange détonant qui, en s'enflammant, allume tous les becs placés sous l'appareil.

Allumoirs à étincelle d'induction. — Ce système a l'avantage de dispenser de l'emploi d'une spirale de platine qui, bien que ne brûlant pas à l'air, finit toujours par s'user et a besoin d'être remplacée au bout d'un certain temps. On a utilisé d'abord la bobine de Ruhmkorff; mais on se sert le plus souvent de l'extra-courant qui se produit dans le circuit d'une pile au moment de la rupture et renforce assez le courant pour produire une étincelle. Il y a avantage à placer une bobine dans le circuit pour augmenter l'extra-courant et obtenir une étincelle plus forte.

Telle est la disposition adoptée dans le *briquet-allumoir* de Radiguet (fig. 36); une petite lampe B à essence de pétrole repose dans un fourreau M, dont la partie F lui sert de bouchon et d'éteignoir. Pour obtenir de la lumière, il suffit de tirer doucement la lampe de haut en bas, de manière à la faire sortir du fourreau.

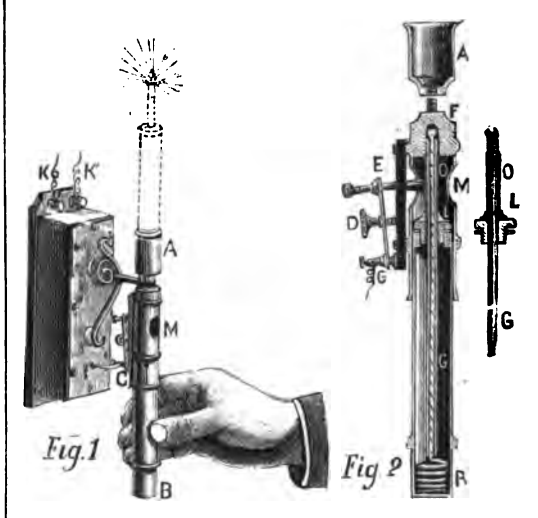


Fig. 36. — Briquet-allumoir de Radiguet.

Pendant ce mouvement, le balai E frotte contre la partie striée du porte-mèche de cuivre O ; une étincelle d'extra-courant se produit entre ces deux pièces et allume la lampe. Une fois allumée, celle-ci peut être fixée dans la bobèche A qui surmonte l'appareil. Pour éteindre, il est inutile de souffler; il suffit de replacer la lampe dans son fourreau, où elle se trouve éteinte par l'éteignoir F, qui lui sert en même temps de bouchon et empêche l'évaporation de l'essence. La première partie de la figure montre l'ensemble de l'appareil. Quatre éléments Leclanché suffisent pour actionner ce petit instrument: la pile d'une sonnerie peut donc servir en même temps à cet usage; elle peut même alimenter plusieurs briquets placés dans son circuit, puisqu'il n'y en a jamais qu'un seul qui fonctionne à la fois.

Allumoir électrique pour becs de gaz. — C'est encore une étincelle d'extra-courant qui sert à allumer le gaz dans la disposition imaginée par M. Ernest Née (fig. 37). Comme dans le cas précédent, une pile Leclanché destinée aux sonneries peut suffire parfaitement. Sur le côté droit du bec se voit un ressort d'acier isolé et relié au pôle positif d'une pile, tandis que la clef du robinet porte une tige mobile avec elle, et communique par le tuyau de plomb, tenant lieu de fil de retour, avec le pôle négatif. Quand on ouvre le robinet, cette tige vient rencontrer le ressort d'acier et ferme un instant le circuit,

mais elle l'abandonne presque aussitôt pour continuer son mouvement, et la rupture du circuit fait jaillir entre ces deux pièces une étin-

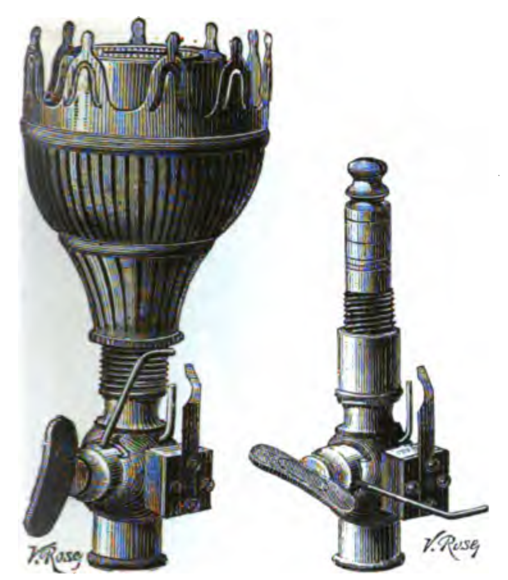
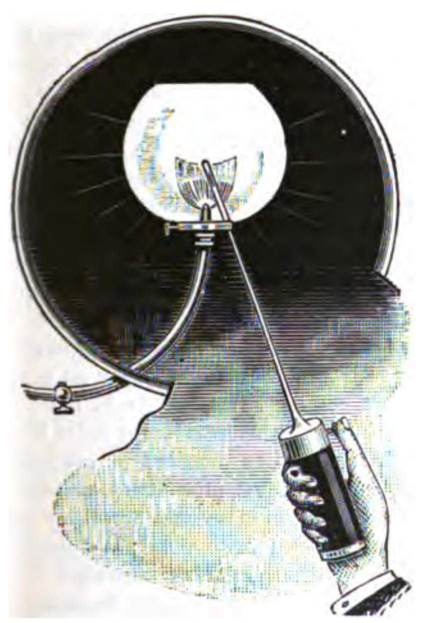


Fig. 37. — Becs de gaz munis d'un allumoir électrique.

celle d'induction, destinée à enflammer un petit jet de gaz latéral. Pour cela, la rotation du ro-


Fig. 38. — Allume-gaz perpétuel.

binet produit un autre effet : elle démasque, au moment où la tige mobile touche le ressort d'acier, la base d'un petit tube qu'on voit à droite entre le bec et le ressort, et qui laisse échapper une petite quantité de gaz; ce gaz, qui sort en même temps que se produit l'étincelle d'induction, est immédiatement enflammé et vient en s'élevant allumer le jet principal, tandis que, pendant ce temps, le robinet, en achevant de s'ouvrir, a refermé le petit conduit latéral. Il est bon de placer dans le circuit une bobine destinée à augmenter l'étincelle ; une seule bobine suffit d'ailleurs, quel que soit le nombre de becs à allumer.

Allume-gaz perpétuel. — Signalons enfin un allume-gaz électrique qui n'est fondé ni sur l'in-



Fig. 39. — Allume-gaz Woodhoause et Rawson.

candescence ni sur l'induction : en réalité, il se rapproche beaucoup de ce dernier système, mais



c'est le travail mécanique, et non plus l'énergie chimique, qui est transformé en électricité ; il est constitué par une petite machine statique contenue dans le manche et tout à fait analogue au petit appareil désigné par sir W. Thomson sous le nom de *Replenisher* (Voy. ÉLECTROMÈTRE). Le manche est un cylindre creux d'ébonite muni à l'intérieur de deux armatures d'étain occupant chacune environ un tiers de sa circonférence, et dans lequel peut tourner un autre cylindre isolant garni de six armatures d'étain sur son pourtour. Pour se servir de l'instrument, on presse un bouton (fig. 38) qui, au moyen d'un système d'engrenage, communique au cylindre intérieur un rapide mouvement de rotation : les six armatures d'étain viennent alors frotter successivement contre six ressorts disposés sur la base du cylindre extérieur, et dont les communications sont établies d'une manière convenable. Il résulte de là que, si les deux armatures du cylindre extérieur possèdent au commencement une différence de potentiel, si minime qu'elle soit, cette différence se trouve bientôt multipliée un certain nombre de fois par la manœuvre de l'appareil et devient suffisante pour produire une étincelle. On a donc ici une petite machine électrique du genre de celle de Holtz. Il est bon que le manche contienne une substance desséchante pour garantir de l'humidité les organes intérieurs. Cette ingénieuse disposition supprime les liquides nécessités par une pile et n'exige par suite aucun entretien.

La figure 39 représente un modèle analogue construit par MM. Woodhouse et Rawson.

ALLUMOIR-EXTINCTEUR. — Le nom d'allumoir-extincteur s'applique ici à un instrument destiné à allumer une lampe et à l'éteindre automatiquement au bout de quelques instants, la durée de l'éclairage étant toujours la même. Il peut être utilisé dans bien des cas, notamment pour éclairer la nuit le vestibule d'une maison chaque fois que rentre une personne. On peut alors le mettre en communication avec le cordon qui sert à ouvrir la porte d'entrée : chaque fois que le concierge tire le cordon pour ouvrir, la lampe s'allume, brûle trois ou quatre minutes et s'éteint ensuite automatiquement.

La figure 40 montre l'aspect général de l'appareil et sa disposition théorique. La partie principale est une sorte de bobine de Ruhmkorff destinée à fournir l'étincelle nécessaire





Fig. 40. — Allumoir-extincteur Arnould.

pour allumer la lampe. Lorsqu'on ferme le circuit, le courant arrive par A et se divise en deux dérivations. La première comprend la vis B, le trembleur C, le fil inducteur D de la bobine et vient aboutir en E pour retourner à la pile : la seconde suit le chemin GHIJ et vient rejoindre la première au ressort C, de sorte que le courant entier traverse la bobine D. Dès que le courant passe, le fer doux de la bobine attire le trembleur C, qui reste collé, et le premier circuit se trouve interrompu entre B et C ; mais, grâce au second fil, le courant continue à traverser la bobine, qui attire également l'armature K, située à l'autre extrémité. Cette pièce, en se déplaçant, agit sur l'éteignoir L, qui se relève et vient s'accrocher au taquet N, sa tige prenant la direction de la ligne ponctuée. Ce mouvement interrompt entre H et I le second circuit d'une manière permanente : le trembleur C, n'étant plus attiré, revient à sa première position et se met à osciller comme dans les bobines ordinaires : la bobine fonctionne donc et produit des étincelles d'induction qui jaillissent au niveau de la mèche et allument la lampe. Toutes ces opérations se produisent pendant le temps très court où le circuit total se trouve fermé par l'interrupteur, par exemple le cordon de tirage de la porte d'entrée. Pour produire l'extinction automati-

quement, on a disposé au-dessus de la lampe une lame métallique M formée de deux substances inégalement dilatables : l'action de la chaleur ne tarde pas à la courber, de sorte qu'elle laisse échapper l'éteignoir, qui vient s'appliquer sur la lampe et l'éteint. L'appareil est redevenu inactif jusqu'à ce qu'en tirant le cordon on fasse de nouveau passer le courant.

ALPHABET TÉLÉGRAPHIQUE. — Voy. TÉLÉGRAPHE.

AMALGAMATEUR ÉLECTRIQUE. — Appareil de M. J. Manes, servant à traiter les minerais d'or et d'argent. Le minerai pulvérisé tombe peu à peu dans des cônes d'acier dans lesquels passe sans cesse un courant d'eau et de mercure. Des brosses tournent à l'intérieur et mélangent le tout. Les cônes et les brosses sont reliés aux deux pôles d'une machine dynamo. L'amalgamation est plus complète que par les procédés ordinaires, et l'on obtient un meilleur rendement.

AMALGAMATION. — Opération qui consiste à amalgamer les zincs de piles, c'est-à-dire à les combiner avec du mercure. Kemp a montré que le zinc amalgamé n'est pas attaqué par l'eau acidulée, et Sturgeon a proposé de l'employer dans les piles, où il se comporte comme du zinc chimiquement pur. Sa surface étant homogène, il ne se forme pas de couples locaux à l'intérieur des éléments, et le zinc s'use seulement lorsque la pile fonctionne. Outre l'économie qui en résulte, les piles conservent beaucoup plus longtemps leur constance.

Pour amalgamer les zincs, le procédé le plus simple consiste à les frotter avec du mercure, après les avoir plongés dans l'eau aiguisée d'acide sulfurique. On peut encore frotter les zincs avec un sel de mercure. M. Desruelles obtient de bons résultats en frottant les zincs avec un onguent formé de vaseline et de mercure et riche en mercure.

AMBRE JAUNE. — Résine fossile qui s'électrise facilement par frottement, et qui fit découvrir aux anciens la propriété électrique. Le mot *électricité* vient de ἤλεκτρον, nom grec de l'ambre.

AME. — Partie centrale d'un câble électrique, formée d'un ou de plusieurs fils conducteurs.

AMMÈTRE. — Nom donné à certains ampèremètres. (Voy. ce mot.)

AMORCE ÉLECTRIQUE. — Les amorces électriques servent à produire à distance l'inflammation des mines. Tantôt l'inflammation est produite par un petit fil de platine très fin qui est porté à l'incandescence par le courant d'une pile; ce sont les amorces dites de *quantité*; tantôt au contraire la combustion est due à une étincelle d'induction qui éclate entre les extrémités des deux conducteurs; on les nomme alors amorces de *tension*.

L'emploi de l'électricité a ici de grands avantages : on peut produire l'explosion exactement au moment voulu, ce qui est d'une grande utilité en cas de guerre; de plus, on peut enflammer un nombre considérable d'amorces absolument au même instant, et obtenir par cette simultanéité absolue des effets beaucoup plus puissants que si les explosions étaient séparées par un intervalle même très court.

Les *amorces de quantité* sont formées de deux fils de cuivre bien isolés et tordus ensemble, dont les extrémités libres seront mises en communication avec le générateur d'électricité (fig. 41). Aux extrémités intérieures sont soudés les deux bouts du petit fil de platine, ordinairement replié en hélice, afin que le rayonnement des spires les unes sur les autres augmente l'échauffement; cette forme donne en outre au fil une élasticité qui l'empêche de se briser aussi facilement dans le transport. La spirale de platine est entourée de coton-poudre et le fond de l'amorce est rempli de fulminate de mercure, dont le poids varie de 0,5 gramme à 2 grammes. Le tout est logé dans un petit tube de métal très mince et long de 4 à 7 centimètres.



Fig. 41. — Amorce de quantité.

La pile qui fournit le courant destiné à porter au rouge la spirale de platine peut être quelconque; l'opération ne devant durer qu'un instant, il est commode d'employer une pile au bichromate ou autre, dont tous les éléments, suspendus à une planchette, peuvent être plongés instantanément dans le liquide et retirés aussitôt après, au moyen d'un treuil ou de toute autre disposition.

Comme application de ce système on peut citer l'explosion des mines de Hell-Gate, New-York, où l'on alluma à la fois 4,200 amorces. Les cartouches étaient groupées par vingt dans un même circuit; huit circuits de même résistance étaient desservis par une même pile d'environ 40 éléments; il y avait vingt-trois circuits semblables. On ferma tous les circuits

au même instant, et toutes les mines éclatèrent à la fois.

Les *amorces de tension* ne diffèrent pas extérieurement des précédentes, mais les extrémités intérieures des deux fils de cuivre sont séparées par un petit intervalle. Ces amorces

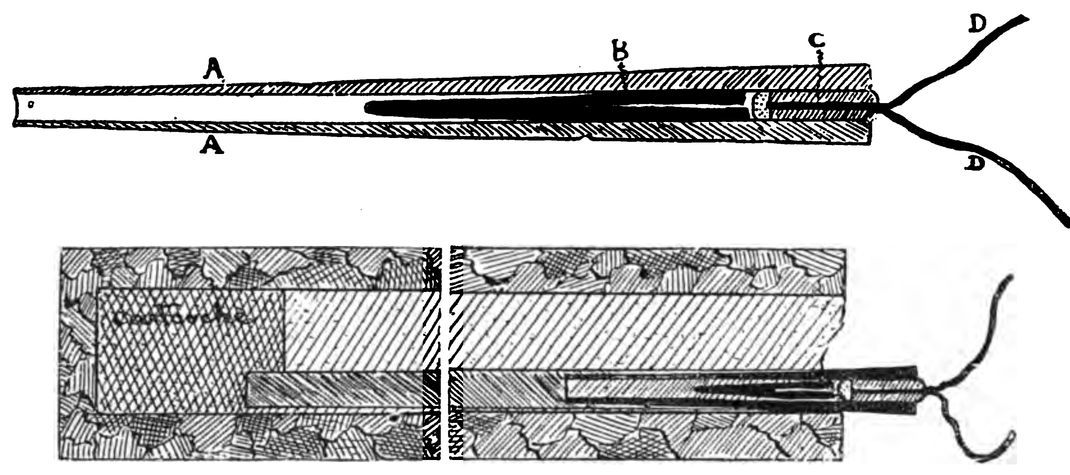


Fig. 42. — Amorce Scola-Ruggieri, sa disposition dans le trou de mine.

sont remplies le plus souvent par un mélange de charbon de cornue, de sulfure d'antimoine et de chlorate de potasse.

Les amorces de MM. Scola et Ruggieri sont entourées d'une cartouche contenant une pâte fusante de chlorate de potasse, sulfure d'antimoine, nitre et charbon en poudre fine, et fixées à l'extrémité d'un tube conique en carton. Quand on excite l'étincelle, l'explosion de la cartouche allume une mèche placée dans le tube et la projette dans la mine. De cette manière, la mine s'enflamme instantanément ou pas du tout ; dans ce dernier cas, on est assuré que la mèche est éteinte, et l'on peut s'approcher sans danger.

Les amorces Scola-Ruggieri, désignées aussi sous le nom d'amorces à projection, sont destinées à être employées avec l'exploseur des mêmes inventeurs. Elles sont formées d'un tube de carton légèrement conique, qu'on introduit dans un vide ménagé à l'épinglette dans le bourrage et qui renferme une petite amorce de tension et, en avant, un brin de mèche à étoupille plié en forme de V. Quand le feu est donné à l'amorce, elle chasse avec violence la mèche, qu'elle enflamme, et qui, projetée jusqu'au fond du trou de mine, vient enflammer la charge (fig. 42).

Les amorces de tension peuvent être enflammées par l'étincelle d'une machine électrique ou d'une bobine d'induction. On a construit des machines électriques destinées spécialement à cet usage. Mais il est plus commode d'avoir recours aux exploseurs magnétiques (Voy. ce

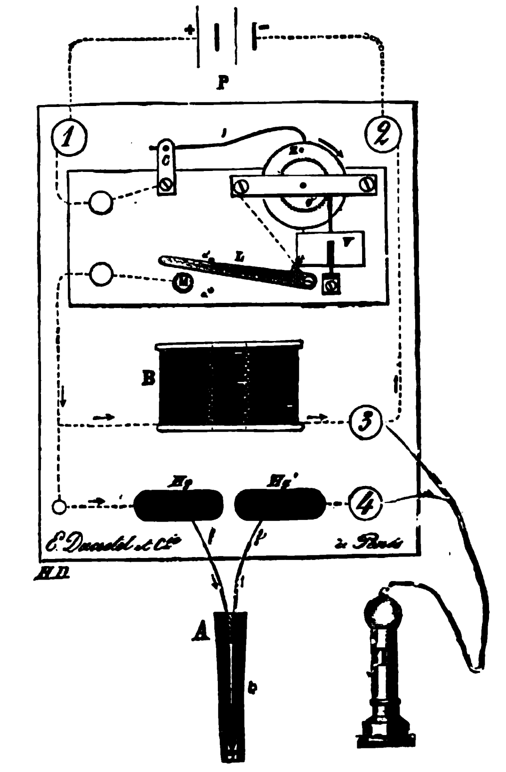


Fig. 43. — Appareil pour la vérification des amorces de tension.

mot), qui sont bien plus robustes et ne nécessitent pas l'emploi d'une pile.

Comparaison des deux systèmes. — Les amorces de tension sont d'une construction plus simple et moins fragiles; elles s'enflamment sous l'influence d'exploseurs plus robustes et plus faciles à transporter qu'une pile; enfin elles assurent la simultanéité parfaite d'explosion de toutes les amorces d'un même circuit. D'un autre côté, elles ont l'inconvénient d'exiger un très bon isolement.

Les amorces de quantité, pouvant s'allumer par l'action de courants peu intenses, n'exigent pas un isolement aussi parfait; elles permettent de vérifier à chaque instant si le circuit ne présente pas d'interruption, en y faisant passer un courant trop faible pour provoquer l'incandescence du platine; il est vrai que cette épreuve ne montre pas si l'amorce est chargée. Mais, les fils de platine pouvant offrir des résistances un peu différentes, on n'est pas aussi certain de produire l'inflammation de toutes les amorces rigoureusement au même instant.

Vérification des amorces de tension. — M. Ducretet a appliqué en 1886 le téléphone à la vérification des amorces de tension. Une pile P

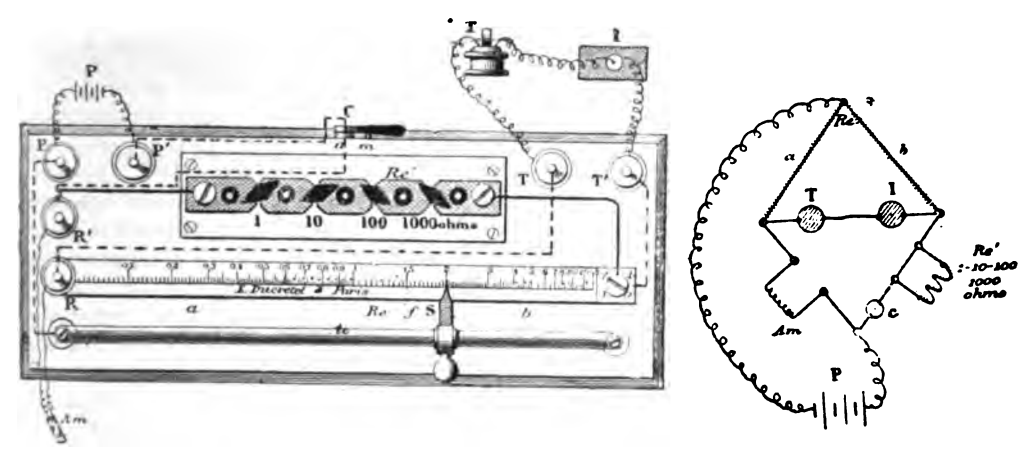


Fig. 44. — Appareil pour la vérification des amorces de quantité.

de trois éléments Leclanché (fig. 43) est en communication avec une bobine B à fil fin par l'intermédiaire d'un interrupteur à mouvement d'horlogerie R; sur la bobine est établie une dérivation comprenant un téléphone T et deux godets de mercure H*g* et H*g'*, dans lesquels on plonge les deux bouts de l'amorce à essayer, ce qui ferme le circuit dérivé. On met l'interrupteur en marche et l'on applique le téléphone à l'oreille. Si l'amorce est en bon état, on entend un léger bruit dû au passage à travers la matière fusante de petites étincelles, insuffisantes pour l'enflammer. Si l'amorce n'a pas été chargée, le courant ne passe pas et l'on n'entend rien. Enfin, si les deux fils métalliques se touchaient dans l'intérieur, le courant passerait facilement de l'un à l'autre et produirait dans le téléphone un bruit intense; l'amorce serait encore à rejeter dans ce cas, puisqu'il ne jaillirait pas d'étincelle à l'intérieur. On voit que cet appareil permet une vérification très rapide.

Vérification des amorces de quantité. — On peut vérifier les amorces de quantité en mesurant leur résistance. M. Ducretet a construit récemment un appareil destiné à cet usage, et formé d'une boîte de résistances, avec pont de Wheatstone (fig. 44).

Les branches a et b du pont sont formées par les deux parties d'un fil métallique, et la position du curseur S indique sur une règle graduée la valeur du rapport $\frac{a}{b}$. La résistance R s'obtient en enlevant une des fiches de la boîte. La résistance de l'amorce est

$$x = R \times \frac{a}{b}.$$

Il suffit donc de lire la position du curseur S, et de multiplier le chiffre correspondant par la résistance R introduite. L'amorce se place en A. Aux formes T T' se fixent un téléphone T et un interrupteur L à mouvement d'horlogerie. Lorsque l'équilibre est établi, on n'entend aucun bruit dans le téléphone.

AMORTISSEMENT. — Action d'amortir les oscillations d'une aiguille aimantée pour la ramener plus vite à sa position d'équilibre. Dans les galvanomètres, on obtient l'amortissement soit en utilisant les courants d'induction

produits par les oscillations de l'aiguille, et qui, d'après la loi de Lenz, s'opposent à son mouvement, soit en augmentant la résistance de l'air par l'addition d'une palette très légère qui oscille avec l'aiguille.

Quand la résistance du circuit est faible, les courants induits qui prennent naissance dans le fil même du galvanomètre ou dans le cercle de cuivre divisé suffisent à l'amortissement. Dans les appareils à grande résistance, on entoure souvent l'aiguille d'un cadre de cuivre massif, qui forme le noyau de la bobine (électrodynamomètre de Weber).

Dans les électromètres, on fait usage d'une palette suspendue à la partie inférieure du fil qui porte l'aiguille et oscillant dans l'air ou dans un liquide. La potasse paraît convenir mieux que l'acide sulfurique, qui, en s'hydratant, donne naissance à des courants liquides, qui peuvent agir sur la palette; la glycérine convient aussi, lorsqu'on ne veut pas employer le liquide et la palette pour charger l'aiguille mobile.

Quel que soit le procédé employé, l'expérience montre que l'amplitude des oscillations amorties décroît en progression géométrique : les causes retardatrices sont donc toujours proportionnelles à la vitesse de l'aiguille. Si l'on appelle a_0, a_1, a_2;... a_n les amplitudes successives, on a

$$\frac{a_0}{a_1} = \frac{a_1}{a_2} = \frac{a_2}{a_3} = \ldots\ldots = \frac{a_{n-1}}{a_n}.$$

Si l'on désigne par e^λ la valeur constante du rapport ci-dessus, e étant la base des logarithmes népériens, la quantité λ, qui est le logarithme népérien de ce rapport, s'appelle le *décrément logarithmique* des oscillations et peut servir à mesurer l'amortissement.

Si l'on appelle T la durée de l'oscillation amortie et t celle de l'oscillation du même appareil sans amortissement, on a

$$T = t\sqrt{1 + \frac{\lambda^2}{\pi^2}}.$$

AMPÈRE. — Unité pratique d'intensité. C'est l'intensité d'un courant produit par une force électromotrice égale à un *volt* dans un circuit dont la résistance totale serait un *ohm*.

C'est encore l'intensité d'un courant qui envoie par seconde à travers chaque section du conducteur une unité pratique de quantité, c'est-à-dire un *coulomb*.

Enfin, c'est aussi l'intensité d'un courant qui, en une seconde, décompose 0,0373 mgr. d'eau, ou qui dépose, dans le même temps, 1,1248 mgr. d'argent ou 0,6615 mgr. de cuivre.

L'ampère vaut 10^{-1} unités C. G. S. d'intensité.

L'ampère est employé à la mesure des courants destinés à la lumière électrique, à la transmission de la force, etc. Parmi ses sous-multiples on utilise surtout le *milliampère*, ou millième partie d'un ampère, qui sert à la mesure des courants employés dans la télégraphie, dans les applications médicales, etc. Ainsi il faut un courant de 15 milliampères pour actionner un télégraphe de Morse (Voy. UNITÉS).

AMPÈRE-ÉTALON. — M. Pellat a donné ce nom à des appareils gradués par comparaison avec son électrodynamomètre absolu et pouvant servir à faire les mêmes déterminations avec la même précision. Ces appareils sont très pratiques, la constante étant déterminée une fois pour toutes. Ils peuvent également servir à graduer en valeur absolue les galvanomètres, ampèremètres, voltamètres (Voy. ÉLECTRODYNAMOMÈTRE).

AMPÈRE-HEURE. — Quantité d'électricité qui traverse en une heure la section d'un conducteur parcouru par un courant d'intensité constante et égale à un ampère. Comme un courant d'un ampère débite un coulomb par seconde, on voit qu'un ampère-heure vaut 3600 coulombs (Voy. UNITÉS).

AMPÈRE (LOIS D'). — Lois relatives à l'action des courants sur les courants (Voy. ÉLECTRODYNAMIQUE).

AMPÈRE (RÈGLE D'). — Voy. ÉLECTROMAGNÉTISME.

AMPÈREMÈTRE. — Galvanomètre étalonné de manière que chacune des divisions corresponde exactement à une intensité d'un ampère ou à une fraction connue d'ampère. Dans les galvanomètres ordinaires, les déviations de l'aiguille ne sont proportionnelles aux intensités des courants que si elles sont très faibles. En donnant à la bobine du multiplicateur une forme convenable, on peut obtenir la proportionnalité jusqu'à un angle de 50° ou 60°, et, en réglant la résistance, on peut s'arranger pour que chaque degré corresponde exactement à un ampère ou à une fraction d'ampère.

Les ampèremètres peuvent être gradués soit par comparaison avec un instrument déjà étalonné, soit en mesurant en même temps le courant par une action chimique, soit enfin en faisant varier l'intensité d'un courant dans des proportions connues au moyen d'une boîte de résistances.

La figure 45 représente un instrument de ce genre destiné aux usages médicaux. L'aiguille unique est au centre d'un multiplicateur de



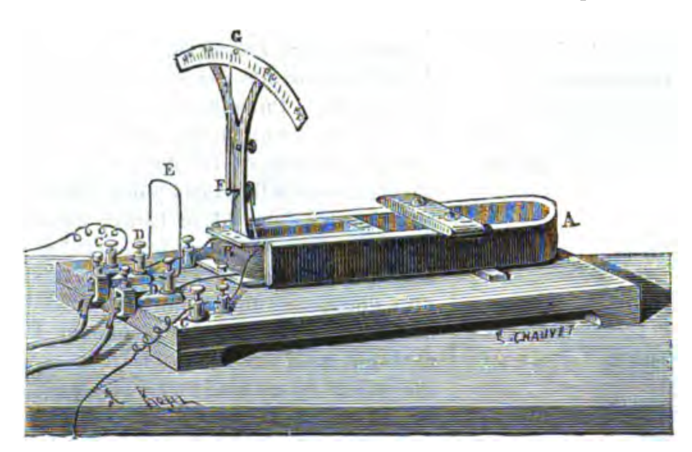
Fig. 45. — Ampèremètre.

forme ovoïde; un index I, fixé perpendiculairement à l'aiguille, se meut sur le cadran et indique les intensités de 1 à 50 milliampères.

Le même instrument peut servir cependant à mesurer des intensités beaucoup plus grandes. Il suffit de le placer en dérivation sur un *shunt* (Voy. ce mot) de résistance convenable. Il en est de même pour tous les ampèremètres.

Les indications de cet appareil sont indépendantes du magnétisme de l'aiguille, puisque les deux forces qui agissent sur elle, l'action de la terre et celle du courant, sont toutes deux proportionnelles à cette quantité; mais elles dépendent de l'intensité du magnétisme terrestre au lieu où l'on opère.

Ampèremètre Deprez. — L'ampèremètre de M. Deprez (fig. 46) est entouré par un fort aimant en fer à cheval qui crée entre ses branches un champ magnétique intense, de sorte que l'aiguille, placée dans ce champ, est soustraite à l'action de la terre. Entre les branches de l'aimant est placé le cadre rectangulaire sur lequel s'enroule le circuit que doit traverser le courant; il est formé de quatre tours d'une lame de cuivre de 10 mm. carrés de section. L'aiguille disposée à l'intérieur de ce cadre a la forme dite *en arête de poisson:* c'est une lame de fer doux, présentant un certain nombre de fentes transversales, de manière à figurer une série d'aiguilles parallèles. Elle s'aimante par influence sous l'action du champ



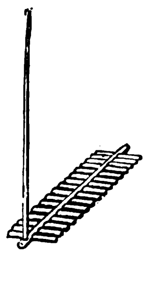


Fig. 46. — Ampèremètre Deprez.

et se place horizontalement; elle est portée par un couteau semblable à celui des balances. Lorsqu'on fait passer un courant, l'aiguille entraîne une poulie qui tourne autour du même axe; le mouvement est généralement transmis par une corde sans fin à une autre poulie de rayon cinq fois plus petit, qui porte une aiguille mobile sur un cadran divisé, et dont le déplacement se trouve ainsi amplifié dans le rapport de 1 à 5. Les déviations de l'aiguille aimantée étant toujours très petites, on peut admettre qu'elles sont proportionnelles aux intensités. Notre dessin représente séparément l'aiguille en arête de poisson.

Ampèremètre Thomson. — Sir W. Thomson a imaginé récemment un ampèremètre qui permet des vérifications faciles et peut servir dans des limites très étendues, tout en évitant l'emploi des shunts, qui ne donnent pas toujours une exactitude suffisante.

Cet instrument comprend une bobine verticale en forme de couronne (fig. 47), sur laquelle est enroulée une bande de cuivre de résistance négligeable. Perpendiculairement à

cette bobine, dans laquelle passe le courant, se meut une planchette horizontale, portant le système magnétique, qui comprend quatre petites aiguilles aimantées munies d'un index en aluminium. Le plan vertical des aiguilles passe par le centre de la bobine. Les divisions sont tracées sur un miroir plan, pour éviter les erreurs de parallaxe.

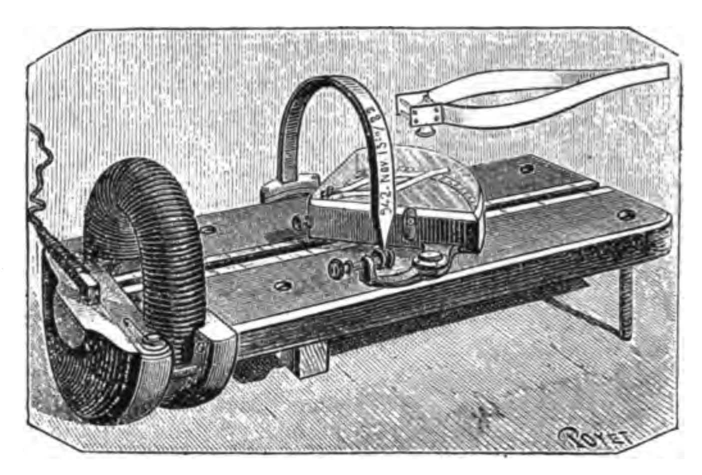


Fig. 47. — Ampèremètre W. Thomson.

Cet instrument est analogue à la boussole de Gaugain. La sensibilité diminue à mesure qu'on éloigne le système magnétique de la bobine. La graduation se fait empiriquement. L'appareil permet de mesurer jusqu'à 1000 ampères.

Ampèremètre industriel Deprez et Carpentier. — Cet appareil, plus robuste que le précédent et destiné surtout aux usages industriels (fig. 48),

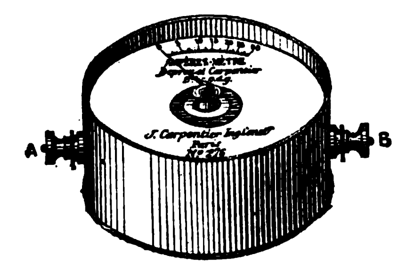


Fig. 48. — Ampèremètre industriel Deprez et Carpentier.

a cependant une construction analogue. Deux aimants circulaires, se touchant par leurs pôles de même nom, déterminent un champ intense dans lequel est placé la bobine, ayant ses spires verticales. A l'intérieur de celle-ci est une aiguille de fer doux, qui se polarise sous l'action du champ. Une aiguille d'aluminium, fixée au même axe et parallèle à la première, tourne avec elle et indique l'intensité sur un cadran divisé de 0 à 50 ampères. L'appareil peut contenir en outre un *réducteur* ou shunt qui permet de diminuer la sensibilité de l'instrument de façon à lui permettre d'atteindre jusqu'à 200 ampères. La graduation est tracée empiriquement.

Ampèremètre Desruelles. — Cet instrument, destiné aux mêmes usages que le précédent, est très portatif. Un aimant en fer à cheval détermine encore un champ intense, sous l'action duquel l'aiguille de fer doux se polarise et se place suivant la ligne des pôles. Entre les deux branches de l'aimant se trouve aussi une bobine dans laquelle passe le courant et qui contient un noyau de fer doux. Ce noyau s'aimante sous l'influence du courant, et attire l'aiguille qui dévie plus ou moins fortement. En déplaçant une fiche située entre les deux bornes, on fait varier la sensibilité. La graduation se fait empiriquement.

Ammètre Ayrton et Perry. — Cet instrument diffère peu des précédents. Une petite aiguille aimantée est placée dans une bobine entourée elle-même par les pièces polaires d'un fort aimant en fer à cheval. A l'aiguille est lié un index qui tourne avec elle et indique les intensités sur un cadran divisé. Le fil qui s'enroule sur la bobine est formé de dix fils égaux isolés les uns des autres, et qu'on peut, à l'aide d'un commutateur, réunir à volonté en série ou en quantité. L'appareil peut ainsi mesurer des intensités très différentes.

Ampèremètre Desruelles et Chauvin. — Il est formé d'une bobine hémi-circulaire entourée de fil; à l'intérieur et le long du côté rectiligne

est appliquée une bande de fer doux extrêmement mince; une seconde plaque mince du même métal est fixée à un axe passant par le

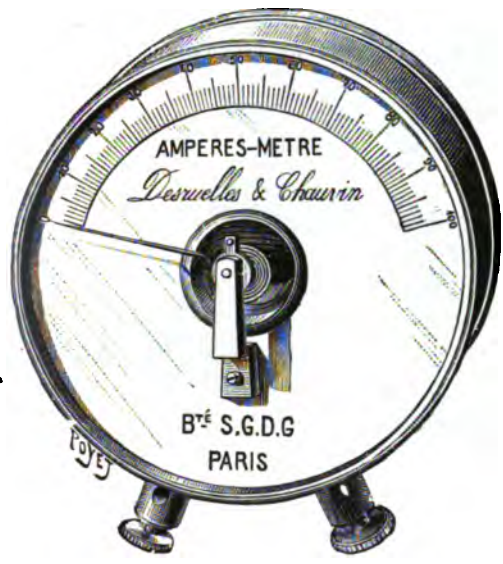


Fig. 49. — Ampèremètre Desruelles et Chauvin.

centre de la bobine, et peut tourner autour de ce point comme un feuillet de livre. Un ressort spiral maintient cette plaque légèrement appuyée contre la première, dont elle s'écarte plus ou moins lorsque le courant passe. Une aiguille, fixée à la plaque mobile se meut sur un cadran divisé (fig. 49). L'instrument est apériodique et peut servir pour les courants alternatifs.

Ammètre Waterhouse. — Dans l'ammètre Waterhouse, on a supprimé, pour avoir des indications plus constantes, les ressorts et les aimants permanents. C'est la pesanteur qui ramène l'aiguille au zéro, et la déviation est due à la répulsion des pôles de même nom de deux électros excités par le courant à mesurer. Ce courant traverse un fil enroulé en spirale, qui entoure un noyau de fer doux fixe M, et une armature de même métal A, qui porte deux pièces polaires S et N, la dernière munie d'une aiguille (fig. 50). L'armature A, ses pièces polaires et l'aiguille peuvent tourner autour d'un axe horizontal. Sous l'action du courant, A et M prennent la même polarité; les pièces N et S s'écartent d'autant plus du centre du noyau M

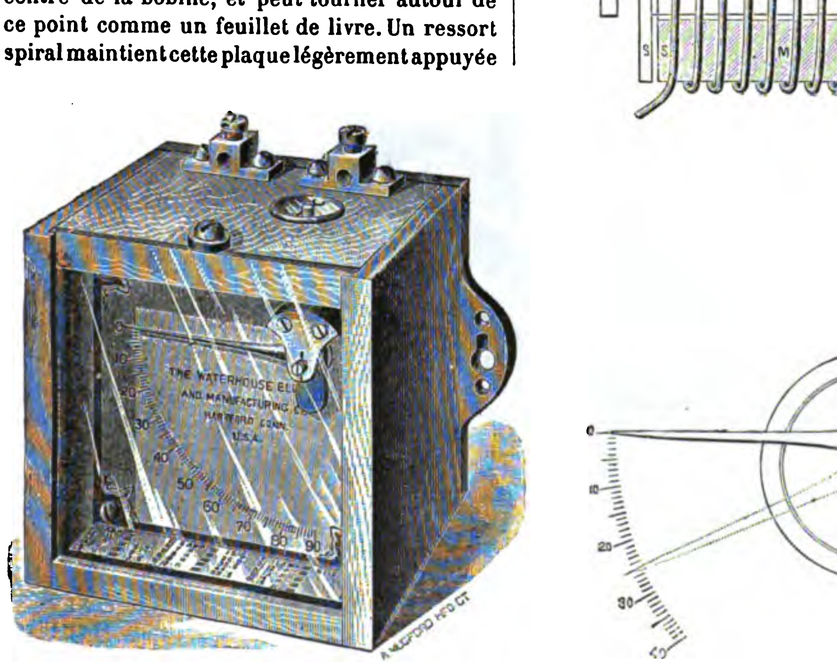


Fig. 50. — Ammètre Waterhouse.

que l'intensité est plus grande, et l'aiguille prend une position telle que celle indiquée en pointillé. Quand on interrompt le courant, l'aiguille revient au zéro par son propre poids.

Ampèremètre de Lalande. -- Cet appareil est un aréomètre métallique contenant un fais-

ceau de fils de fer doux; on le place sur une éprouvette remplie d'eau jusqu'à un niveau fixe, et entourée d'une bobine dans laquelle on fait passer le courant. Le flotteur s'enfonce d'autant plus que l'intensité est plus grande; l'extrémité supérieure de sa tige se déplace devant une graduation. Il y a sensiblement proportionnalité entre certaines limites.

Ampèremètre à mercure. — Le galvanomètre à mercure de M. Lippmann peut servir également à mesurer les intensités en valeur absolue, car les déplacements de la colonne mercurielle

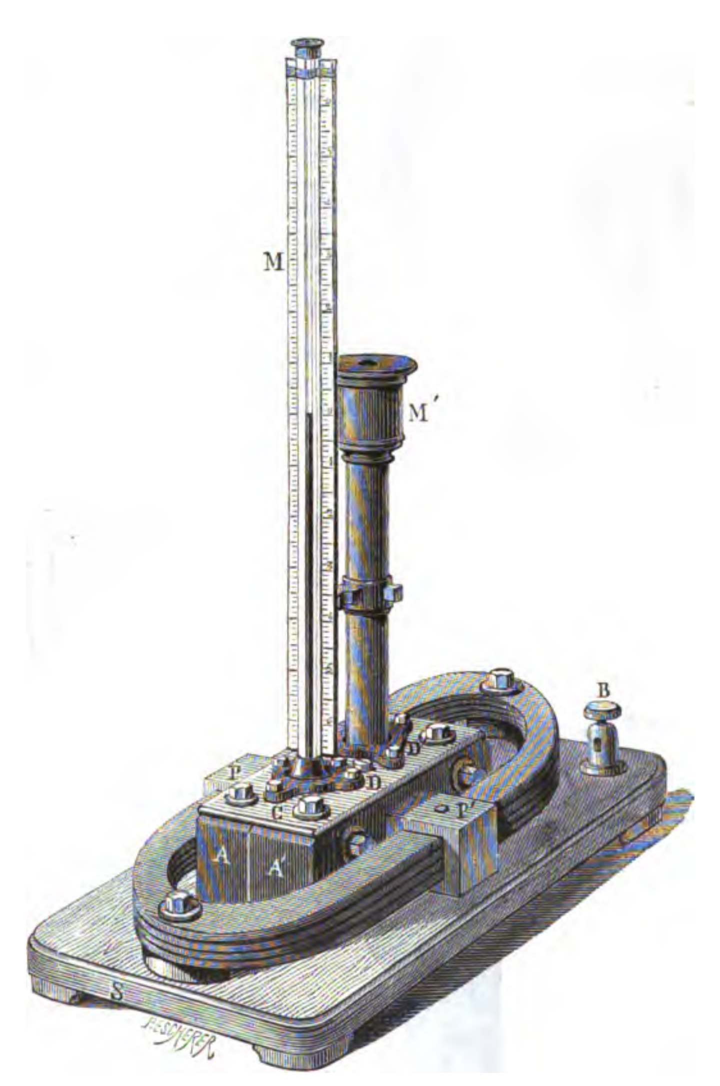


Fig. 51. — Ampèremètre à mercure.

sont proportionnels aux intensités. Il se compose d'un manomètre à air libre MM', disposé entre les branches de deux aimants réunis par les pôles de même nom, et munis de pièces polaires PP', ne laissant entre elles qu'une fente où passe la branche horizontale du manomètre, réduite en ce point à un petit tube rectangulaire (fig. 51). Le courant qu'on veut mesurer traverse verticalement cette branche entre les pièces PP', et forme en ce point un élément de courant mobile, qui se déplace par l'action électromagnétique; il s'établit donc entre les deux branches une différence de niveau telle que la pression hydrostatique qui en résulte fasse équilibre à l'action électro-magnétique.

Ampèremetres enregistreurs. — Pour étu-

Fig. 52. — Ampèremètre enregistreur de Montaud.

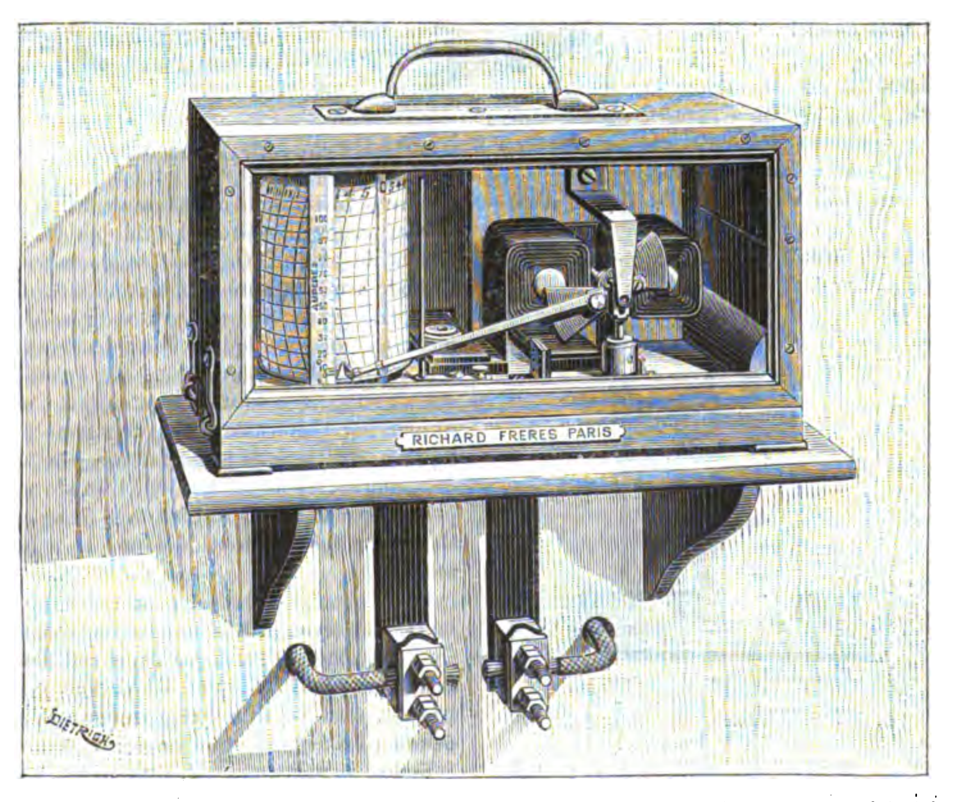


Fig. 53. — Ampèremètre enregistreur Richard frères.

dier la charge et la décharge de ses accumulateurs, M. de Montaud se sert d'un ampèremètre enregistreur (fig. 52), qui n'est autre que l'ampèremètre à arête de poisson de M. Deprez dont l'aiguille indicatrice porte, à son extrémité, une plume légère destinée à enregistrer les résultats sur un papier qui se déroule d'un mouvement uniforme.

MM. Richard frères construisent pour l'industrie un ampèremètre enregistreur (fig. 53) formé d'un électro-aimant à deux bobines, dont les noyaux, aimantés par le passage du courant dans le fil qui les entoure, agissent sur une double palette de fer doux montée sur un axe parallèle à celui des bobines. La surface de cette palette est gauche et inclinée par rapport au plan qui passe par l'extrémité des noyaux. Les mouvements de la palette se transmettent à un style enregistreur (Voy. Enregistreur).

Les électrodynamomètres (voy. ce mot) peuvent également servir à la mesure absolue des intensités. Enfin les ampèremètres peuvent être disposés pour mesurer les forces électromotrices (Voy. Voltmètres).

ANALOGUE. — On donne ce nom au pôle d'un corps *pyroélectrique* qui devient positif par élévation de la température, et négatif par son abaissement. C'est l'opposé d'*antilogue*.

ANALYSE ÉLECTROLYTIQUE. — Les procédés électrolytiques permettent, dans certains cas, de faire des dosages plus rapides que par les procédés chimiques, et de séparer des métaux qu'on peut difficilement isoler par les réactifs ordinaires. La méthode consiste à dissoudre le métal dans un liquide convenable, et à faire passer un courant à l'aide de deux électrodes de platine. On pèse soigneusement la cathode avant et après l'opération : l'augmentation de poids donne le poids du métal déposé. On met le liquide dans un creuset ou une capsule de platine *c* (fig. 54), qu'on place sur un support isolant *v* et qu'on fait communiquer par l'intermédiaire d'une lame métallique *p* avec le pôle négatif d'une pile formée de quelques éléments Daniell. L'anode est représentée par un fil de platine *s*. L'augmentation de poids du creuset donne le poids du métal.

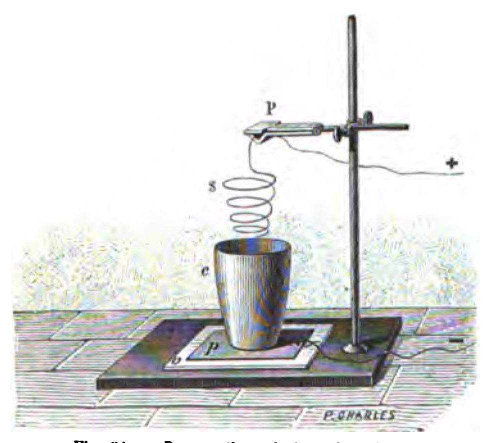


Fig. 54. — Dosage électrolytique du cuivre.

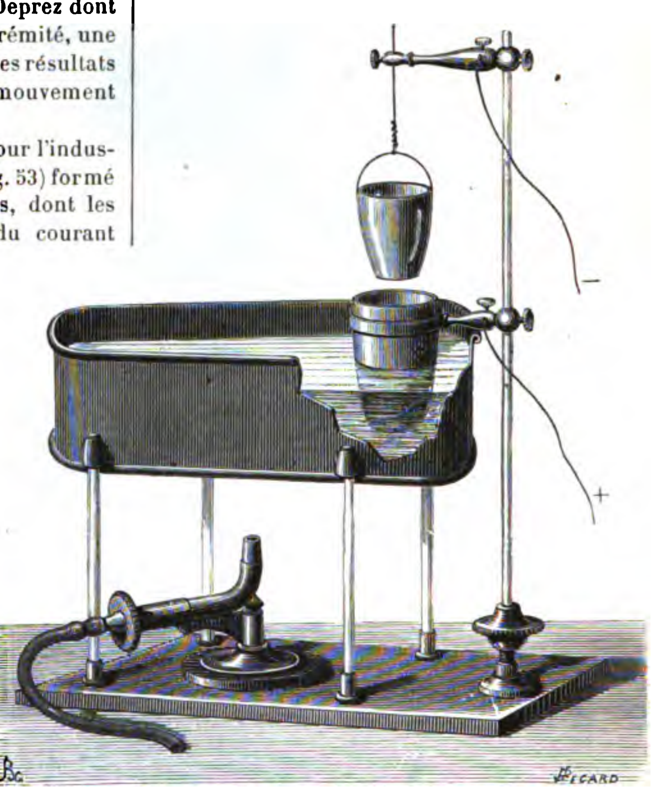


Fig. 55. — Appareil de Riche pour les dosages électrolytiques.

Dans certains cas, il est avantageux de chauffer l'électrolyte pour diminuer sa résistance. On peut alors se servir de l'appareil (fig. 55), formé de deux creusets de platine concentriques, portés par une tige isolante et placés dans un bain que chauffe un bec de Bunsen.

Dosage du mercure. — M. Escosura a indiqué pour la détermination quantitative du mercure

un procédé électrolytique très simple, qui est maintenant appliqué à Almaden et donne de bons résultats.

On prend un poids connu de minerai, qui puisse contenir environ 20 milligrammes de mercure; on le met dans une capsule de platine et on le délaye dans un mélange de 90 centimètres cubes d'eau, 10 d'acide chlorhydrique et de 20 de sulfite d'ammoniaque; ce dernier sel est destiné à précipiter le sélénium et le tellure qui, sans cette précaution, seraient entraînés par le courant avec le mercure et le noirciraient. On fait communiquer la capsule avec le pôle positif d'une pile de deux à trois éléments de Bunsen, et l'on fait plonger au milieu du liquide un disque d'or pesé avec soin et servant de cathode.

Le chlore résultant de la décomposition électrolytique du liquide se porte sur la capsule, où il paraît attaquer le minerai en formant des chlorures de mercure et de soufre, qui sont ensuite décomposés. Le mercure se dépose sur l'or, auquel il adhère parfaitement; l'augmentation de poids du disque donne le poids du métal déposé. Quant au chlorure de soufre, il paraît se décomposer dans le liquide en acides chlorhydrique et sulfurique. L'opération doit être terminée dans les vingt-quatre heures.

Séparation du cuivre, de l'or et de l'argent. — On suspend l'alliage à analyser dans des vases poreux remplis d'acide sulfurique étendu, placés dans une dissolution de sulfate de cuivre où plongent également des lames de cuivre. Ces lames communiquent avec le pôle négatif du générateur et l'alliage avec le pôle positif. Sous l'influence du courant, l'eau acidulée est décomposée; l'hydrogène est absorbé par le sulfate de cuivre, comme dans la pile de Daniell, et du cuivre pur se dépose sur les cathodes où il peut être recueilli. L'oxygène et l'acide sulfurique se portent sur l'alliage et dissolvent le cuivre et l'argent, tandis que l'or tombe inattaqué au fond des vases. Ce premier métal ainsi séparé, on prend la liqueur qui contient le cuivre et l'argent, on la sature et on précipite l'argent par des lames de cuivre; ce dernier métal reste à l'état de sulfate, qu'on peut décomposer ou employer sous cette forme. Ce procédé, indiqué par M. Atkins, a été récemment essayé dans l'industrie.

Recherche de l'arsenic. — Pour rechercher l'arsenic dans les empoisonnements, M. C.-H. Wolff a recours à l'électrolyse de l'hydrogène arsénié. Il suffit d'un cent-millième de gramme d'arsenic pour obtenir des taches caractéristiques. En employant un courant constant, on peut comparer ces taches avec celles que donnent des liqueurs titrées du même corps, et arriver ainsi à un dosage rapide.

ANALYSEUR. — Voy. RÉFRACTION ÉLECTRIQUE.

ANÉLECTRIQUE. — Nom qu'on donnait autrefois aux métaux et autres corps incapables de s'électriser par frottement, par opposition aux substances qui s'électrisaient de cette manière et qu'on nommait *idio-électriques*. Cette dénomination a été remplacée par celle de corps conducteurs.

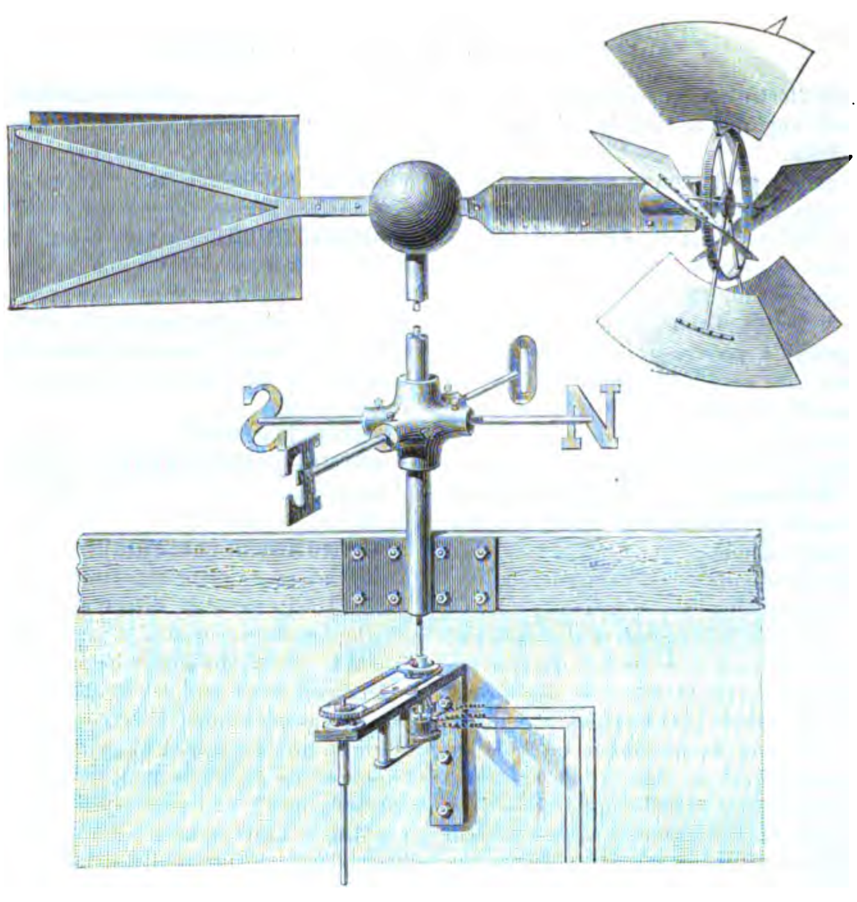
ANÉLECTROTONUS. — Voy. ELECTROTONUS.

ANÉMO-CINÉMOGRAPHE. — Application de l'*électro-cinémographe* (Voy. ce mot) à la mesure de la vitesse du vent.

ANÉMOMÈTRE ÉLECTRIQUE. — Les *anémoscopes*, *anémomètres* et *anémométrographes* font connaître la vitesse et la direction du vent. Dans la plupart de ces appareils, on confie à l'électricité le soin d'enregistrer les indications.

La direction du vent est donnée généralement par une girouette dont les changements de position se transmettent à un commutateur. Dans l'appareil de M. Hervé-Mangon, l'axe de la girouette porte à sa partie inférieure un ressort métallique qui tourne sur un plateau isolant, dans lequel sont encastrés quatre arcs de cercle également en métal; ces arcs, qui ont leur centre sur l'axe de la girouette, sont isolés les uns des autres, et ont chacun leur milieu en face de l'un des quatre points cardinaux; de plus, ils communiquent respectivement avec quatre électro-aimants formant le récepteur. Le ressort métallique porté par la girouette frotte toujours au moins sur l'un de ces quatre arcs; il est au milieu de l'un d'eux si le vent vient exactement d'un des quatre points cardinaux, et il reste sur le même ressort tant que la direction du vent ne varie pas d'au moins 45°. Si le vent est exactement à 45° d'un des points cardinaux, le frotteur s'appuie à la fois sur deux arcs voisins.

Une horloge qui fait partie du récepteur lance dans l'appareil toutes les dix minutes un courant qui, suivant la position du ressort, passe dans l'un des quatre électro-aimants; celui-ci attire une armature fixée à un levier, qui se met à osciller comme dans une sonnerie; un style porté par l'autre extrémité de ce levier trace une marque sur une feuille de papier, qui se déroule d'un mouvement uniforme sous l'action du mécanisme d'horlogerie. Lorsque le vent est à 45° des points cardinaux, le courant traverse à la fois deux électro-aimants, et



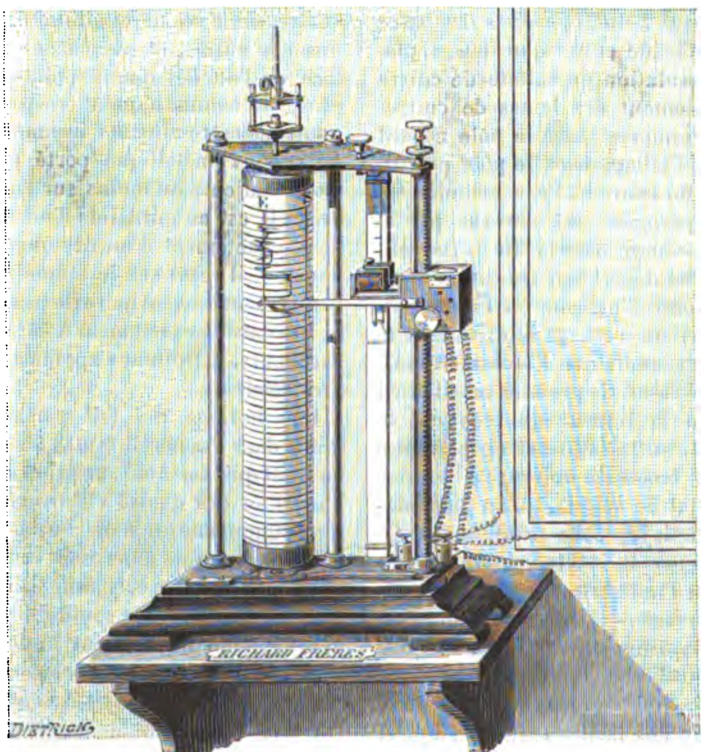
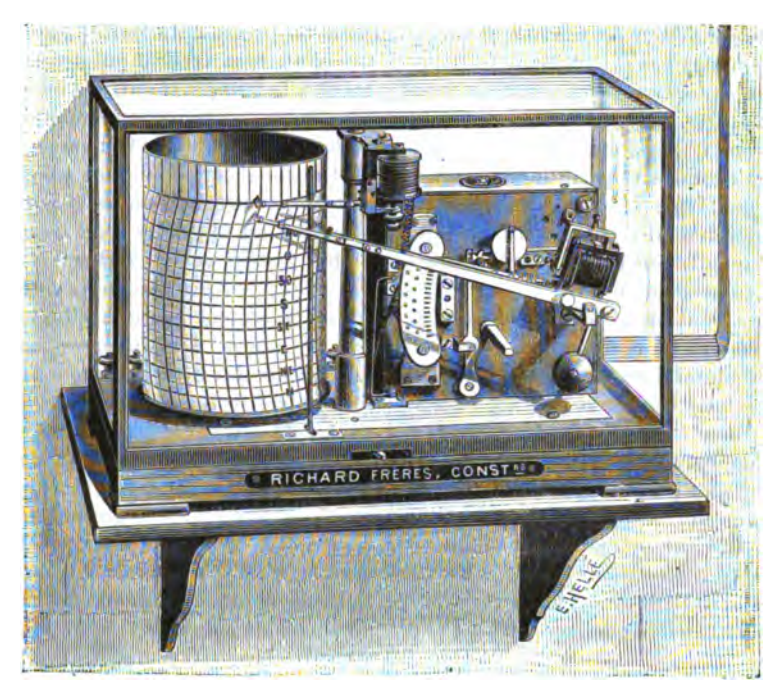


Fig. 56. — Anémomètre-anémoscope enregistreur de Richard frères.

le papier reçoit deux marques simultanées.

La partie de l'appareil destinée à enregistrer la vitesse est toujours un compteur de tours, commandé le plus souvent par un moulinet à ailettes hémisphériques de Robinson. Lorsque le moulinet a fait un certain nombre de tours, cent par exemple, un commutateur lance un courant dans l'appareil enregistreur. Dans



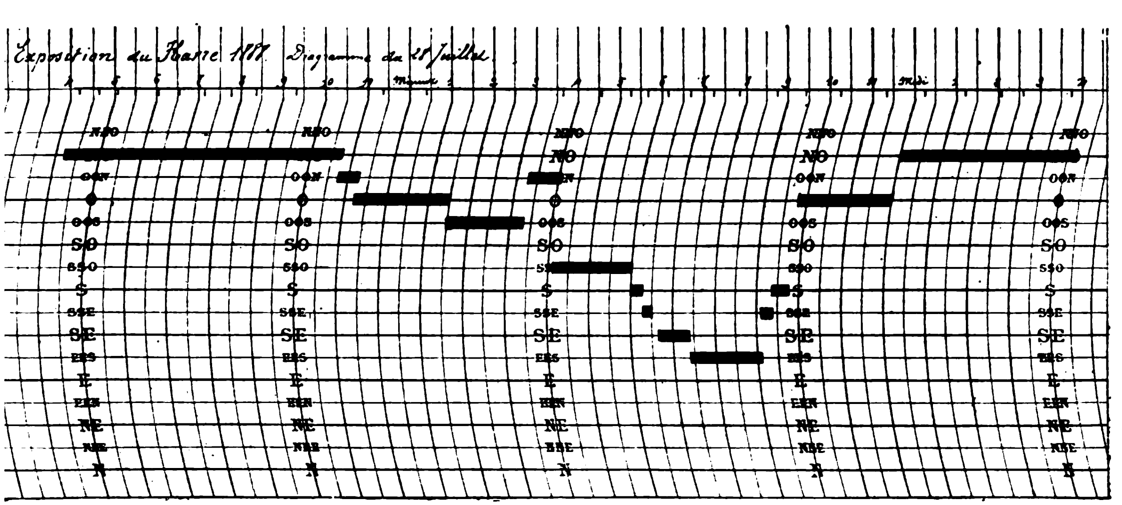


Fig. 57. — Anémoscope enregistreur de Richard et son diagramme.

l'anémométrographe de M. Hervé-Mangon, ce courant traverse un cinquième électro-aimant placé à côté des autres, et le style correspondant fait une marque sur la bande de papier mobile.

Anémomètre-anémoscope enregistreur. — L'anémomètre enregistreur de Richard frères (fig. 56) donne à la fois la direction et la vitesse du vent.

La direction du vent est enregistrée mécaniquement. Un axe vertical porte à sa partie supérieure une pièce de fer formant girouette, terminée par un moulinet en aluminium et

équilibrée par deux palettes en angle aigu. Une tige verticale, fixée par son extrémité supérieure à la girouette, commande, par son extrémité inférieure, au moyen d'une transmission, un cylindre vertical couvert d'une feuille de papier, qui tourne autour de son axe et suit la girouette dans toutes ses orientations.

L'inscription se fait par le moyen d'un mouvement d'horlogerie, qui descend par son propre poids le long d'une crémaillère placée parallèlement au cylindre, et porte un style muni d'une plume de forme spéciale. Tant que la girouette reste immobile, la plume trace une verticale ; lorsqu'elle tourne, la courbe est dirigée du côté correspondant.

La vitesse du vent est au contraire enregistrée électriquement. Le moulinet est formé de six ailettes en aluminium, inclinées à 45°, et rivées sur des bras très légers en acier ; son diamètre est calculé pour qu'il fasse exactement un tour pour un mètre de vent. A chaque myriamètre de vent passé, l'appareil ferme un circuit qui comprend une pile et un petit électro-aimant monté sur le mouvement d'horlogerie qui indique la direction du vent. L'armature de cet électro porte une plume qui trace un trait sur une bande de papier parallèle au cylindre.

La fermeture du circuit est obtenue de la manière suivante. L'axe du moulinet porte une vis sans fin qui engrène avec une série de roues dentées, dont les engrenages sont calculés de telle sorte que la dernière fasse un tour pour 10,000 tours du moulinet. La dernière roue porte un limaçon, qui soulève une goupille fixée à un bras de levier rappelé par un ressort. A mesure que le moulinet tourne, le limaçon soulève la goupille, armant ainsi le ressort. Aussitôt que le vent a fait le chemin voulu, la goupille tombe au fond du limaçon ; le ressort rappelant le levier, celui-ci, par une tige qui se déplace horizontalement, vient faire buter l'un sur l'autre deux contacts de platine fixés à l'extrémité de lames métalliques verticales formant ressorts. Le circuit se trouve ainsi fermé ; les fils qui vont à l'électro passent dans la tige creuse de la girouette. En même temps que l'armature de l'électro-aimant trace un trait transversal, elle ferme un second circuit passant par un second électro, placé à côté du premier contact, qui est resté établi. L'armature de cet électro fait sauter la tige horizontale qui maintenait fermé le premier circuit; le premier circuit rompu, le second se rompt également, et tout rentre au repos, jusqu'à ce que le moulinet ait fait encore 10,000 tours. Il est évident qu'on pourrait enregistrer de même le kilomètre ou le demi-kilomètre de vent.

Anémoscope enregistreur. — A l'inverse du précédent, cet appareil enregistre électriquement la direction du vent. La girouette est munie d'un bras vertical qui descend extérieurement à la hampe, et qui, par un contact de platine, vient frotter constamment sur un collier isolant fixé autour de la hampe, et portant autant de touches métalliques qu'on veut avoir de directions enregistrées. De chacune de ces touches part un fil qui se rend à une touche semblable placée sur un secteur isolant, qui fait partie de l'enregistreur proprement dit (fig. 37).

Sur ce secteur passe, à intervalles égaux, et par le moyen d'un mouvement d'horlogerie produisant des déclenchements automatiques, un contact frotteur relié à un électro-aimant dont l'armature commande un style. Lorsque ce contact passe sur la touche correspondant à celle du collier sur laquelle s'appuie à ce moment le contact de la girouette, le circuit est fermé, et le style marque un point sur l'abscisse correspondant à l'orientation momentanée de la girouette. Le diagramme est donc formé par une série de points très rapprochés les uns des autres.

ANION. — Corps qui, dans une décomposition électrolytique, se porte à l'électrode positive ou anode.

ANNEAU. — On désigne sous ce nom, justifié par sa forme, l'*induit* de quelques machines dynamo-électriques, notamment de celle de Gramme. Voy. MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES.

ANNEAUX ÉLECTRIQUES. — On donne ce nom à certaines apparences produites par l'action de l'électricité et observées par Priestley et par Nobili. Les anneaux de Priestley s'obtiennent en faisant passer des décharges électriques à travers une plaque de métal; ils sont concentriques et colorés. Leur formation est due à l'action calorifique de l'étincelle, car les métaux les plus fusibles donnent le plus grand nombre d'anneaux.

Les anneaux de Nobili s'obtiennent en électrolysant une dissolution saline recouvrant une plaque métallique. Si l'on relie la plaque au pôle positif et qu'on promène à sa surface le fil négatif, les anneaux sont dus à l'altération de la surface par les acides qui s'y dégagent; dans le cas contraire, ils sont dus à un dépôt de métal ou d'oxyde. L'acétate de plomb et diverses matières organiques donnent ainsi de belles colorations.

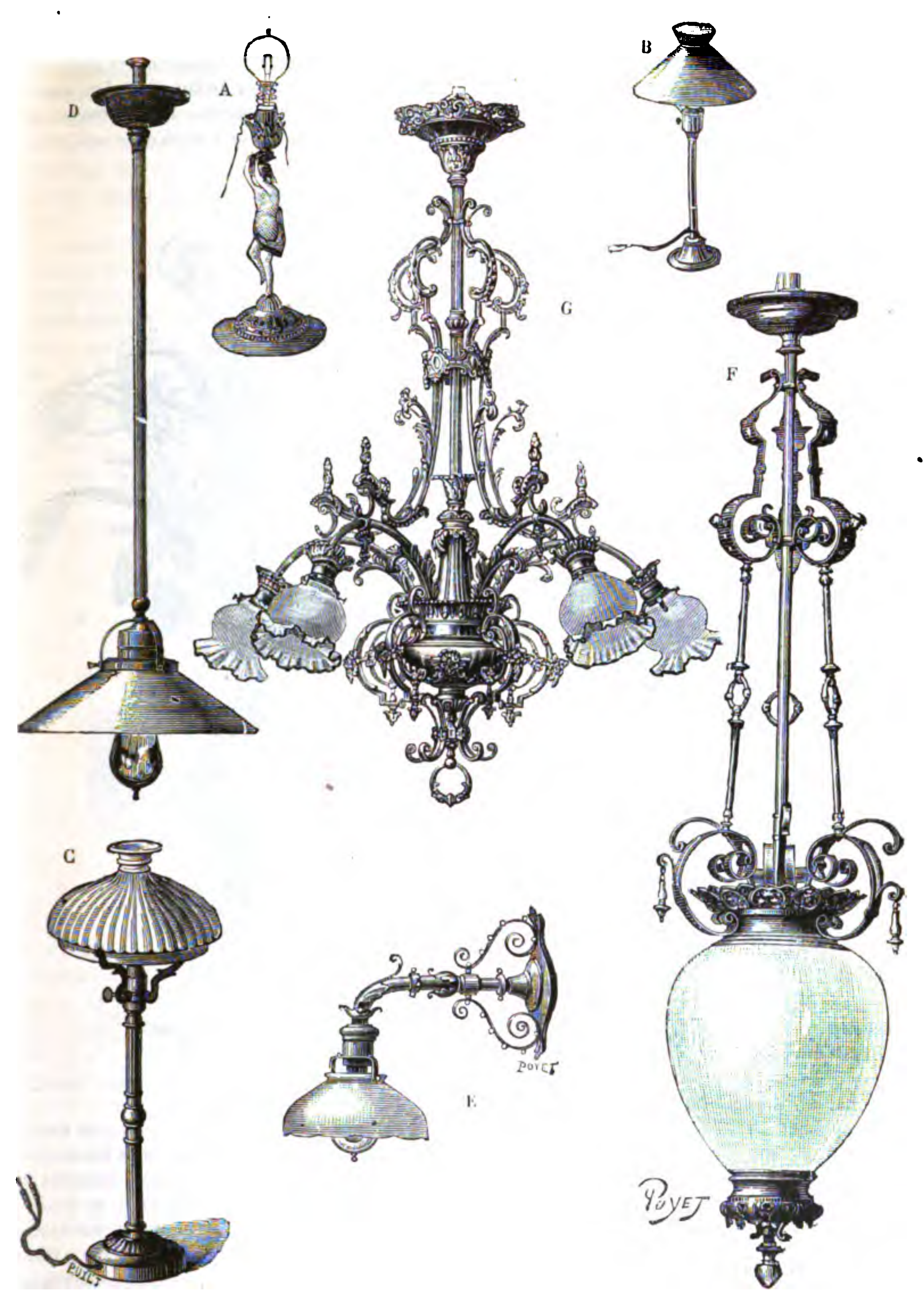


Fig. 58. — Appareils pour lampes à incandescence.

Le modèle A est un pied mobile pouvant servir à l'éclairage d'un appartement (Aboilard). Les types B, C, D sont des lampes de travail (Compagnie continentale Édison); les deux premières sont mobiles, la dernière se fixe au plafond. E représente une applique, F une suspension et G un lustre (Deutsche Edison Gesellschaft, Berlin).

ANNEAU DE GARDE. — Anneau qui entoure le plateau mobile de l'électromètre absolu (Voy. ce mot) de sir William Thomson, et qui sert à maintenir constante la densité électrique sur toute la surface utile du plateau.

ANNONCIATEUR. — Appareil servant à indiquer les appels dans les installations téléphoniques (Voy. INDICATEUR).

ANODE. — Électrode positive dans les décompositions électrolytiques faites en dehors de la pile.

Anode soluble. — Lame qu'on suspend à l'anode et qui est formée du métal contenu dans le bain ; cette lame, attaquée par les produits acides qui se rendent à l'électrode positive, se dissout peu à peu et entretient le bain au degré de concentration voulu. La surface de cette anode doit être égale à celle de la *cathode* placée en face d'elle et sur laquelle s'effectue le dépôt métallique.

ANSE GALVANIQUE. — Appareil employé en chirurgie pour l'ablation des tumeurs, etc., et formé d'un fil de platine fin et recourbé en forme de boucle, qu'on porte à l'incandescence (Voy. GALVANOCAUSTIQUE).

ANTIKLEPT. — Voy. AVERTISSEUR DE VOL.

ANTILOGUE. — Pôle qui, dans un corps *pyroélectrique*, devient négatif par l'élévation de la température, et positif par son abaissement.

APÉRIODIQUE. — Qualité d'un appareil de mesure électrique muni d'une aiguille dont l'amortissement est assez complet pour supprimer absolument les oscillations. L'aiguille se met en marche avec une vitesse qui va d'abord en croissant, passe par un maximum, puis diminue et devient nulle au moment même où elle atteint sa position d'équilibre.

APPAREIL D'INDUCTION. — Voy. BOBINE DE RUHMKORFF, MACHINE MAGNÉTO ET DYNAMO-ÉLECTRIQUE.

APPAREIL MÉDICAL. — Voy. ÉLECTRICITÉ MÉDICALE.

APPAREIL DE MESURE. — Voy. MESURE.

APPAREIL TÉLÉGRAPHIQUE ET TÉLÉPHONIQUE. — Voy. TÉLÉGRAPHE, TÉLÉPHONE et MICROPHONE.

APPAREILLAGE. — Par analogie avec ce qui se fait pour le gaz, on donne ce nom aux appareils accessoires qui sont nécessaires pour compléter une installation de lumière. Les lampes sont fixées sur des douilles qui permettent de les remplacer aisément lorsqu'elles sont usées.



Fig. 59. — Bouquet de lampes (Deutsche Edison Gesellschaft, Berlin).

La forme de la douille varie un peu avec le système dont on a fait choix ; mais les douilles à leur tour sont fixées sur des supports qui conviennent à tous les systèmes, et dont la forme varie suivant l'usage auquel les lampes sont destinées. D'ailleurs les lampes à incandescence, pouvant se placer sans inconvénient dans toutes les directions, se prêtent merveilleusement à toutes les combinaisons et permettent non seulement de reproduire toutes les formes ordinaires des appareils à gaz, mais

encore d'en créer un grand nombre de nouvelles. La figure 59 montre un certain nombre des dispositions adoptées.

La figure 58 montre qu'on peut même, pour une installation provisoire, disposer les lampes sur les appareils qui servent d'ordinaire à l'éclairage par le gaz ou par les bougies et obtenir ainsi des décorations d'un très bon effet.

La figure 59 représente un vase de fleurs artificielles dont les calices sont occupés par des lampes Édison.

APPARENCES ÉLECTRO-CHIMIQUES. — Nom donné par Nobili aux anneaux électriques (Voy. ce mot) qu'il a obtenus par l'électrolyse.

APPEL D'INCENDIE. — Voy. AVERTISSEUR.

APPEL PHONIQUE. — Petit appareil d'induction magnéto-électrique imaginé par M. Sieur et servant à appeler un poste téléphonique. Il se compose d'un aimant en fer à cheval placé horizontalement (fig. 60), dont les pôles sont



Fig. 60. — Appel phonique Sieur.

recourbés et munis de pièces de fer doux, disposées à angle droit et entourées par des bobines de fil fin. Entre les pôles voisins de ces deux pièces peut tourner une roue de cuivre dont la circonférence porte des entailles équidistantes, remplies par de petits barreaux de fer doux. En tournant la manivelle, on imprime à cette roue une rotation rapide : le passage de chaque barreau de fer doux entre les pôles de l'appareil provoque dans les bobines deux courants induits de sens contraires. Tous ces courants alternatifs se succèdent à intervalles très rapprochés et communiquent aux membranes des téléphones récepteurs des vibrations rapides produisant un son assez intense pour être perçu facilement.

Un commutateur permet d'enlever du circuit en temps ordinaire les téléphones du poste transmetteur, afin qu'on puisse attaquer. Lorsque l'appel a été entendu, ce commutateur fait sortir du circuit l'appel phonique et y substitue les téléphones transmetteurs.

ARAIGNÉE DE FRANKLIN. — Appareil servant à montrer, par des décharges successives, que les deux armatures d'une bouteille de Leyde sont chargées d'électricités contraires. Une araignée, formée de deux balles de sureau noircies et portant quelques bouts de fil de lin, oscille entre deux boules reliées à ces deux armatures et est successivement attirée et repoussée par chacune d'elles.

ARC VOLTAIQUE. — Arc lumineux qui se produit entre deux conducteurs reliés aux pôles d'un générateur puissant, lorsque, après les avoir mis en contact, on les écarte à une petite distance. Cette expérience fut réalisée par sir Humphry Davy en 1813 à l'aide de deux tiges de charbon de bois communiquant avec une pile de Volta de 2,000 éléments. Foucault remplaça



Fig. 61. — Arc voltaïque.

vers 1840 le charbon de bois par du charbon de cornue qui est plus dur, plus conducteur et qui s'use moins vite ; on préfère aujourd'hui des charbons artificiels qui sont plus purs, plus homogènes et d'une forme plus régulière. Le phénomène est trop éclatant pour qu'on puisse l'examiner directement, à moins de se servir d'un verre noirci. On peut aussi projeter l'image

agrandie des charbons sur un écran au moyen d'une lentille ou d'un miroir concave. On voit alors que l'arc est bien moins lumineux que les pointes des charbons (fig. 61); le charbon positif est plus brillant que le négatif et sur une plus grande longueur; sa température doit donc être plus élevée. D'après M. Rossetti, la température de l'arc serait d'environ 4 800°, celle du charbon positif 4 000° et celle du charbon négatif 3 000°.

Dans le vide, le charbon positif se creuse en forme de cratère, tandis que le charbon négatif prend la forme d'une pointe; cette différence est due à ce qu'il y a des particules de charbon transportées dans les deux sens, mais surtout dans le sens du courant, c'est-à-dire du charbon positif au négatif. Si l'on opère dans l'air, les deux charbons brûlent, mais le charbon positif se consume environ deux fois plus vite que l'autre. Il est évident que si l'on prend comme générateur, au lieu d'une pile ou d'une machine dynamo-électrique à courants continus, une machine à courants alternatifs, les charbons s'useront également.

La température de l'arc est assez élevée pour fondre la plupart des matières réfractaires, même le platine; on ne peut donc obtenir un arc durable qu'avec des électrodes de charbon. Pour l'éclairage, il est préférable de relier le charbon supérieur au pôle positif. Si l'on veut au contraire fondre ou volatiliser un corps, on le place dans le charbon positif, qu'on met en bas et auquel on donne la forme d'une coupelle. On peut ainsi observer facilement les spectres des métaux.

On attribue la formation de l'arc à des particules très fines, peut-être des vapeurs, qui sont entraînées par le courant et établissent une communication entre les deux électrodes. Au spectroscope, l'arc donne, comme tous les gaz incandescents, un spectre cannelé présentant les raies du charbon et celles des métaux qui peuvent se trouver dans les charbons. C'est à cause de sa nature gazeuse que l'arc est beaucoup moins brillant que les charbons, quoique sa température soit plus élevée. Les charbons donnent un spectre continu qui s'étend très loin du côté du violet. La lumière émise est donc riche en rayons très réfrangibles et paraît bleuâtre. Si l'on interrompt le courant pendant un instant, l'arc ne se rallume que si l'interruption a été extrêmement courte, par exemple inférieure à 0,05 seconde. Si elle dure plus longtemps, les charbons se refroidissent assez pour faire disparaître les conditions qui correspondent à la production de l'arc. Dans le cas d'une interruption très courte, l'arc se rallume même si le courant change de sens, ce qui permet l'emploi des machines à courants alternatifs. Lorsqu'on emploie ces machines, la lumière est aussi fixe qu'avec les courants continus, mais elle produit un bourdonnement dont la hauteur dépend du nombre des interruptions, en général 160 environ par seconde. L'éclat des charbons passe alors par des maxima et des minima, et chacun d'eux devient à son tour plus brillant quand il est positif.

L'arc voltaïque, étant formé par une portion mobile du courant électrique, obéit à l'action d'un aimant ou d'un autre courant.

Force électro-motrice de l'arc. — Edlund, et après lui plusieurs autres savants, ont constaté que la différence de potentiel entre les deux charbons n'est pas proportionnelle à l'intensité du courant et à la résistance de l'arc, comme cela a lieu dans un fil métallique traversé par un courant. Cette différence se compose au contraire de deux termes, dont l'un varie proportionnellement à ces quantités, tandis que l'autre reste constant. On a donc pour cette différence de potentiel

$$E = E' + IR$$

I étant l'intensité du courant et R la résistance de l'arc. L'arc crée donc une *force contre-électromotrice* E' en sens inverse de celle de la pile. Cette force est d'environ 30 volts, et la différence de potentiel E varie de 30 à 70 volts. Ce fait explique l'impossibilité d'obtenir l'arc voltaïque avec une pile de force électro-motrice trop faible, quelle que soit d'ailleurs l'intensité.

Travail de l'arc. — Comme d'un autre côté il faut au moins une intensité de 5 ampères pour entretenir un arc voltaïque, on voit que le travail minimum nécessaire est de $30 \times 5 = 150$ watts. Pour avoir une intensité lumineuse d'environ 100 carcels, il faut une intensité de 15 ampères et une différence de potentiel de 50 volts, ce qui fait un travail de $15 \times 50 = 750$ watts, c'est-à-dire environ un cheval. La résistance de l'arc diminue à mesure que l'intensité du courant augmente; d'après M. Preece, elle serait de 2,77 ohms pour une intensité de 10 ampères, de 1,07 ohm pour une intensité de 21,5 ampères et de 0,54 ohm pour une intensité de 30,12 ampères. L'intensité lumineuse augmente beaucoup plus vite que l'énergie dépensée; les foyers intenses sont donc relativement les plus économiques.

ARGENTURE GALVANIQUE. — Opération

qui consiste à recouvrir les objets d'une couche d'argent par les procédés de la galvanoplastie. Le bain le plus employé est formé de

Eau distillée..............	1 litre
Cyanure de potassium....	50 grammes
— d'argent.........	25 —

Il est indispensable de n'employer que des produits de premier choix.

L'opération se fait dans un appareil semblable à ceux qui servent pour la galvanoplastie. La figure 62 montre l'une des dispositions les plus employées : les couverts sont suspendus à l'électrode négative.

On peut se servir aussi de l'appareil simple. On met alors dans le vase poreux une dissolution de 10 p. 100 de cyanure de potassium ou de sel marin, avec le cylindre de zinc. Des lames



Fig. 62. — Argenture des couverts.

de cuivre, fixées au zinc, supportent les pièces plongées dans le bain d'argent.

Avant d'être plongées dans le bain, les pièces doivent subir les opérations préliminaires que nous indiquons plus loin (Voy. Électro-chimie).

L'argenture s'applique aux couverts, pièces d'orfèvrerie, statuettes, vases, objets d'art, etc. La balance argyrométrique (Voy. ce mot) permet de régler exactement le poids d'argent déposé.

Vieil argent. — On peut déposer sur la couche d'argent une *patine* qui lui donne un aspect plus artistique par divers moyens que nous indiquerons sommairement, car ils n'ont rien de commun avec l'électrochimie.

On peut enduire les objets d'une bouillie claire de plombagine, d'essence de térébenthine et d'un peu d'ocre rouge. On fait sécher et on brosse doucement, de façon à laisser seulement l'enduit dans les fonds.

On peut aussi recouvrir l'objet d'une solution de chlorure de platine, qui donne une couche de chlorure d'argent, noircissant à l'air, d'une solution de sulfure d'ammonium ou de pentasulfure de potassium, qui donnent une couche de sulfure d'argent, ou enfin l'enduire de soufre, ce qui produit le même effet. Quelquefois on produit une oxydation superficielle par l'emploi du nitrate d'argent.

ARMATURE. — Pièce de fer doux qu'on met en contact avec les pôles des aimants pour diminuer les effets de l'action démagnétisante. La figure 63 montre diverses formes d'aimants

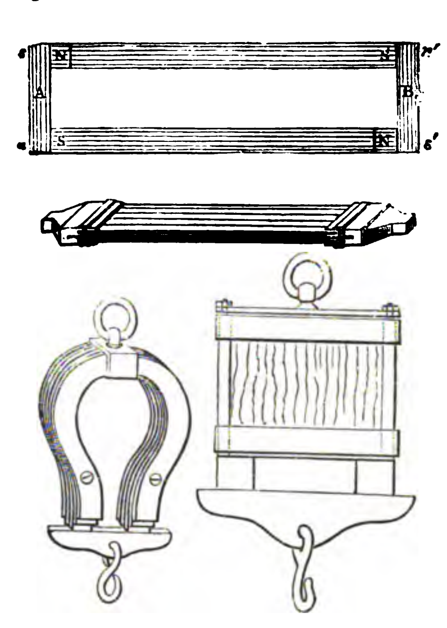


Fig. 63. — Aimants divers avec leurs armatures.

avec leurs armatures. Les aimants rectilignes sont réunis par deux et placés parallèlement en sens inverse ; on réunit les extrémités par des pièces de fer doux A et B en forme de parallélipipèdes, qui s'aimantent par influence, présentant des pôles nord en *nn'* et des pôles sud en *ss'*. Ces pièces réagissent sur les barreaux et les empêchent de se désaimanter. Dans le cas des aimants en fer à cheval, on réunit les deux pôles par une seule pièce de fer doux qui s'aimante encore par influence et joue le même rôle. Enfin une disposition semblable s'applique aux aimants naturels.

L'expérience montre qu'on peut accroître la force d'un aimant en augmentant peu à peu la charge qu'il porte ; pour cela on suspend à l'armature un petit vase de cuivre dans lequel on ajoute peu à peu de la grenaille de plomb. C'est ce qu'on appelle *nourrir un aimant*. Si l'armature vient à se détacher sous une charge trop grande, on perd tout l'avantage acquis et la force de l'aimant retombe au-dessous de sa va-

leur primitive. On peut lui rendre cette valeur en recommençant à le nourrir.

Armature d'un électro-aimant. — Voy. Électro-aimant.

Armature d'un condensateur. — Dans un condensateur, et en particulier dans la bouteille de Leyde, on donne ce nom à chacune des deux parties métalliques qui sont séparées par la lame isolante.

Armature d'un câble. — Enveloppe métallique dont on entoure les câbles sous-marins pour leur donner la résistance mécanique nécessaire et les protéger contre les diverses causes de rupture.

ARMURE. — Voy. Armature.

ARROSOIR ÉLECTRIQUE. — Petit vase de laiton rempli d'eau et muni d'ajutages capillaires, qu'on suspend à une machine électrique Quand la machine fonctionne, l'eau, qui tombait d'abord goutte à goutte, forme des jets continus et divergents, qui sont dus à la répulsion de l'eau électrisée.

ASCENSEUR ÉLECTRIQUE. — M. Siemens a imaginé un ascenseur électrique fondé sur le principe de la transmission de la force et qui paraît donner de bons effets. La machine dynamo-électrique qui sert de générateur envoie son courant dans la machine réceptrice, qui est placée sur la plate-forme mobile. Celle-ci actionne, par l'intermédiaire d'une vis sans fin, deux roues dentées qui engrènent avec les barreaux très rapprochés d'une sorte d'échelle en acier fixée verticalement. Un commutateur à manette, disposé sur la plate-forme, permet d'arrêter l'appareil, et de le faire monter ou descendre. Tout le système est équilibré par un contre-poids, dont les cordes métalliques servent en même temps de conducteurs.

ASSOCIATION DES PILES. — Voy. Couplage.

ASTATICITÉ. — Propriété des systèmes astatiques.

ASTATIQUE. — Qui est soustrait à l'action du magnétisme terrestre.

Aiguilles astatiques. — Dans certains cas, et en particulier dans la construction des galvanomètres, on a avantage à construire un système d'aiguilles aimantées qui soit soustrait à l'action de la terre, tout en restant capable d'obéir à l'action d'un courant placé près de lui. On se sert le plus souvent de deux aiguilles aimantées de mêmes dimensions, qu'on fixe parallèlement l'une au-dessus de l'autre, mais les pôles de même nom tournés en sens contraire. Si les moments magnétiques des deux aiguilles sont rigoureusement égaux, les actions de la terre sont égales et contraires, et le système est en équilibre indifférent dans toutes les positions.

Remarquons qu'il est impossible de réaliser l'égalité parfaite que nous avons admise et qu'il n'y aurait d'ailleurs aucun intérêt à le faire, car un système parfaitement astatique serait dévié de 90° par un courant d'intensité quelconque, puisqu'aucune force ne s'opposerait à l'action électro-magnétique, et ne reviendrait jamais au zéro, l'action de la terre étant complètement supprimée.

Les systèmes employés dans les galvanomètres sont seulement presque astatiques, ce qui vaut beaucoup mieux ; l'action de la terre, étant très faible, s'oppose peu à l'action électro-magnétique, et elle suffit à ramener ensuite le système à sa position d'équilibre, qui du reste n'est pas nécessairement le méridien magnétique.

La figure 64 montre deux systèmes d'aiguilles

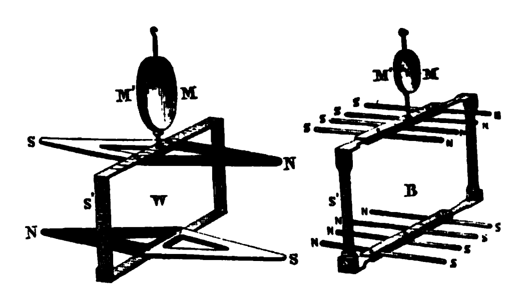


Fig. 64. — Aiguilles astatiques.

astatiques pour le galvanomètre de Weber; le second est formé de huit aiguilles parallèles : les quatre aiguilles supérieures ont leurs pôles nord du même côté, celles du bas du côté opposé.

Courants astatiques. — Courants mobiles sous-traits à l'action de la terre, avec lesquels on vérifie facilement les lois d'Ampère relatives

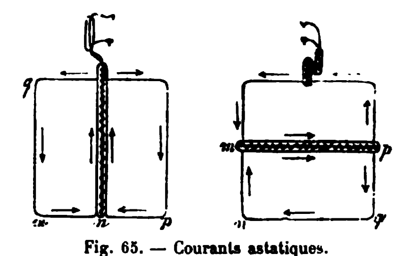


Fig. 65. — Courants astatiques.

à l'électrodynamique. Ils sont formés de deux portions de surfaces égales entourées par des courants circulant en sens contraire. Les actions de la terre sur les deux moitiés de l'appareil se neutralisent. La figure 65 montre deux modèles de cadres astatiques rectangulaires.

ATMOSPHÈRE ÉLECTRIQUE. — Syn. de CHAMP ÉLECTRIQUE.

ATTAQUE. — Action d'attaquer, c'est-à-dire d'appeler un poste téléphonique ou télégraphique.

ATTENTE. -- Signal usité dans les télégraphes pour indiquer qu'on n'est pas prêt à recevoir une transmission.

ATTRACTION ÉLECTRIQUE ou **MAGNÉTIQUE.** — Voy. ACTIONS.

ATTRACTIONMÈTRE. — Sorte de balance romaine servant à mesurer la force attractive d'un électro-aimant. Le fléau a deux branches inégales : la plus petite, en fer doux, se trouve au-dessus de l'électro-aimant étudié, auquel elle tient lieu d'armature ; la plus grande, qui est graduée, porte le poids mobile qu'on éloigne jusqu'à ce qu'il fasse équilibre à l'action de l'aimant et maintienne le fléau horizontal.

AUDIOMÈTRE. — Appareil permettant d'apprécier l'acuité auditive. Celui du Dr Boudet de Pâris (fig. 66) est formé d'une bobine d'induction à noyau de fer doux qui porte trois fils : un fil induit communiquant avec un téléphone, et deux fils inducteurs partant des bornes *a* et *b* et s'enroulant en sens contraire ; l'un de ces circuits est formé par le fil R et l'autre contient une boîte de résistances *r*. Le courant de la pile P traverse un microphone M, qu'on fait vibrer par le contact d'une montre pour produire des interruptions rapides, et se divise ensuite entre les deux circuits inducteurs. Si ceux-ci ont exactement la même résistance, les courants dérivés qui les parcourent ont des intensités égales et leurs actions sur le circuit induit se neutralisent parfaitement ; on n'entendra donc aucun son dans le téléphone. Mais si l'on fait varier un peu la résistance d'un des circuits inducteurs au moyen de la boîte *r*, le circuit induit sera parcouru à chaque interruption par des courants qui feront parler le téléphone. Il est évident que la plus petite modification de résistance qui permettra à un sujet d'entendre un son pourra servir à mesurer l'acuité auditive de cette personne.

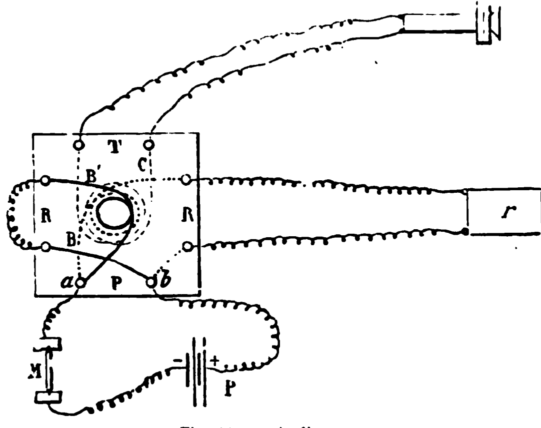


Fig. 66. — Audiomètre.

AURORE BORÉALE ou **AURORE POLAIRE.** — On donne ce nom à des lueurs, assez rares dans nos pays, mais très fréquentes dans les régions polaires, et dont on attribue la production à des phénomènes électriques.

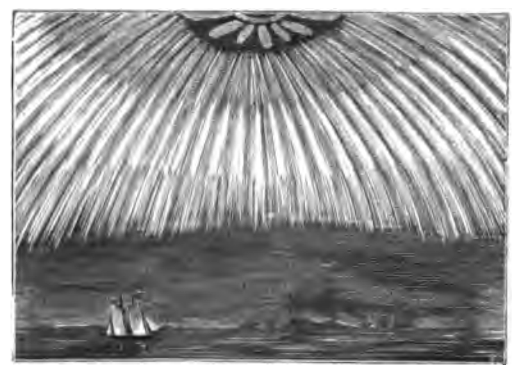
« Le phénomène des aurores boréales, disait Pouillet en 1856, paraît être le plus magnifique, le plus imposant, le plus resplendissant de ceux qui puissent s'offrir à nos regards, et en même temps le plus compliqué, le plus inextricable. le plus insaisissable de ceux qui s'offrent à nos recherches. »

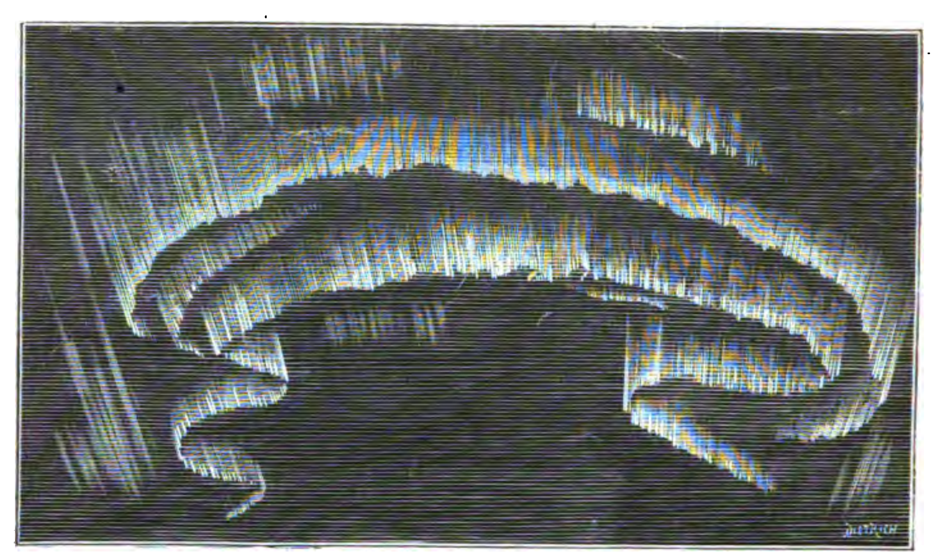
Parmi les nombreuses descriptions d'aurores polaires contenues dans les récits des voyageurs, nous choisirons une observation faite par S. Lemström en 1869.

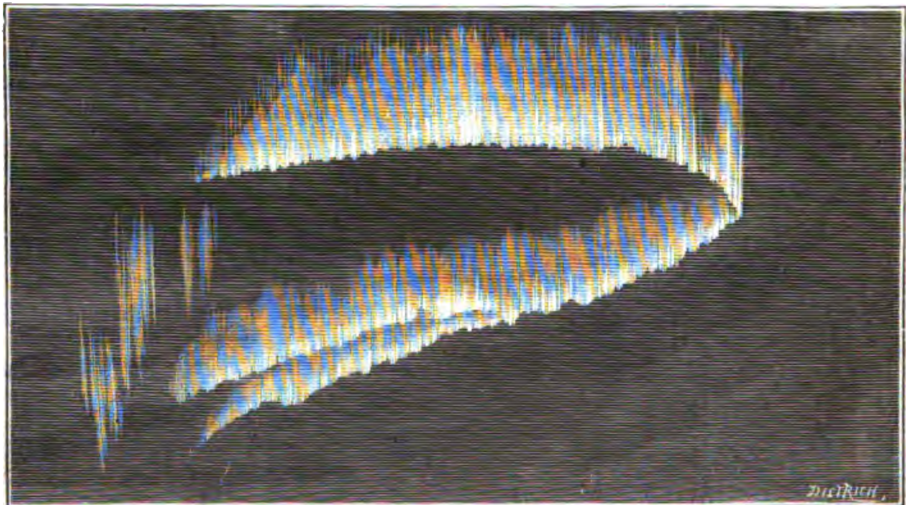
« Le 18 octobre 1868, le bateau à vapeur suédois *Sophia*, revenant du Spitzberg, se rapprochait des côtes de la Norvège par un vent qui devint contraire au dernier moment.

« A l'ouest de l'horizon, nous remarquâmes alors deux couches de nuages, que séparait nettement une bande striée d'un jaune pâle. C'était le faible commencement d'une aurore boréale dont la splendeur devait bientôt surpasser tous les phénomènes du même genre que nous avions observés jusqu'alors pendant le voyage.

« Les bords de la couche supérieure des nuages s'éclairèrent peu à peu, et bientôt nous en vîmes sortir des flammes isolées qui parfois


Fig. 67. — Aurore polaire.





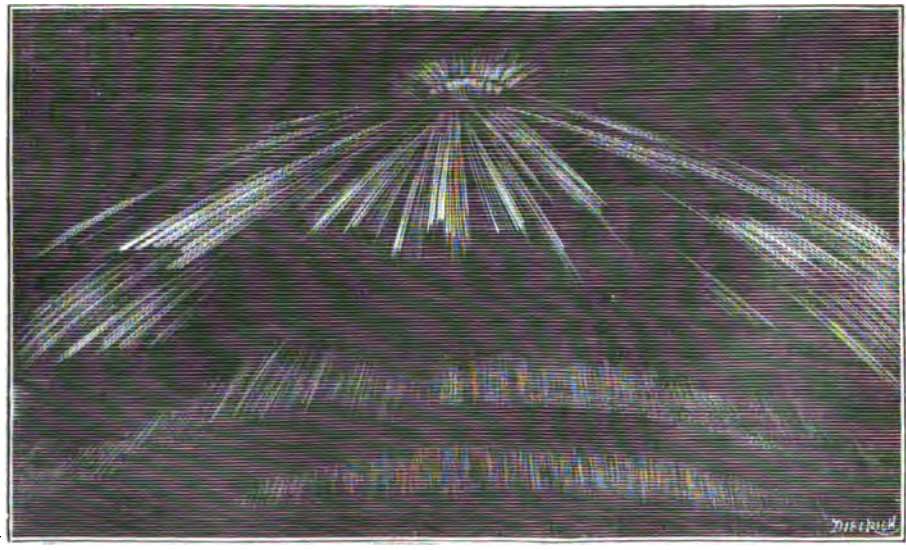


Fig. 68. — Exemples d'aurores boréales.

montaient jusqu'au zénith. Subitement le phénomène embrassa tout l'horizon. Partout des flammes, partout des jets d'étincelante lumière, jaunes dans le bas, verts au milieu et rouge violet à l'extrémité supérieure. En un instant, tous les rayons se réunirent en une couronne régulière et éblouissante qui se dessina sur le ciel au sud du zénith.

« Quand le phénomène fut arrivé à son maximum d'intensité, il nous fit l'effet de la voûte immense d'un temple au milieu de laquelle brillait un lustre splendide.

« L'apparition ne dura que quelques minutes, mais, en s'effaçant, elle laissa encore après elle une zone lumineuse entre les couches de nuages. De la couche supérieure continuèrent à s'élancer, à de courts intervalles, des rayons isolés qui montaient jusqu'au zénith et y formaient les fragments d'une couronne. Les bords des couches de nuages restèrent lumineux alors même que les rayons eurent disparu. »

La figure 67 donne une idée du beau phénomène que nous venons de décrire. Les aurores boréales ne sont pas toujours aussi complètes; cependant elles offrent toujours à l'observateur un spectacle magnifique. La figure 68 montre trois aurores observées à Koutokeino, en 1882, par le Dr Tromholt.

Les aurores polaires sont généralement accompagnées d'une déviation de l'aiguille aimantée et de véritables orages magnétiques produisant dans les lignes télégraphiques des courants d'induction très intenses.

On ne sait presque rien sur l'origine de ces phénomènes. Ils sont dus certainement à des décharges dans l'air raréfié, semblables à celles que l'on obtient dans les tubes de Geissler. Ces décharges semblent se produire des régions élevées vers la surface, mais à des hauteurs très variables : il y en a qui s'élèvent à plus de 450 kilomètres, et d'autres qui ne dépassent pas une hauteur de 2 kilomètres. La lumière est due aux gaz rendus incandescents par la décharge; cependant le spectre de l'aurore diffère de celui des tubes pleins d'air raréfié par la présence d'une raie particulière entre le jaune et le vert ($\lambda = 5570$).

En étudiant les effets produits par la décharge de l'électricité à haute tension (400 couples secondaires) à la surface des liquides, G. Planté a pu obtenir des phénomènes analogues à ceux des aurores boréales, comme les

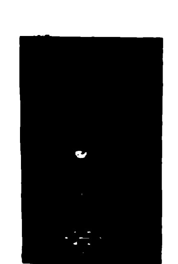






Fig. 69. — Décharge d'une batterie secondaire à la surface de l'eau.

couronnes et les arcs lumineux à franges de rayons brillants, réguliers ou sinueux, et animés d'un rapide mouvement ondulatoire. La figure 69 montre quelques-unes de ces apparences. Planté croit pouvoir attribuer les aurores polaires à « la diffusion dans les couches supérieures de l'atmosphère, autour des pôles magnétiques, d'électricité positive émanant des régions polaires elles-mêmes. »

AUSTRAL. — Nom donné au pôle d'un aimant qui se dirige vers le *nord*, parce que, dans l'hypothèse de l'aimant terrestre, on supposait ce pôle de même nature que le pôle de l'aimant terrestre placé au *sud*.

AUTO-EXCITATRICE (Machine). — Machine dynamo-électrique dont les électro-aimants sont animés par le courant induit de la machine elle-même, ce courant étant redressé, si la machine est à courants aternatifs.

AUTO-INDUCTION. — Voy. Self-induction.

AUTO-RÉGULATION. — Voy. Machines d'induction.

AUXANOSCOPE. — Appareil à projection éclairé par des lampes à incandescence, imaginé par M. Trouvé. Une première lampe, munie d'un réflecteur parabolique et placée à l'extrémité de l'appareil, sert à éclairer les corps transparents. Pour les objets opaques, deux autres réflecteurs paraboliques sont placés au fond de deux tubes, qui se rencontrent à peu près à angle droit et portent deux lampes à incandescence à leurs foyers. Les réflecteurs renvoient en faisceaux parallèles la lumière des lampes sur l'objet opaque, qui se place au point de rencontre des deux tubes : un objectif disposé en avant de cet objet sert à le projeter.

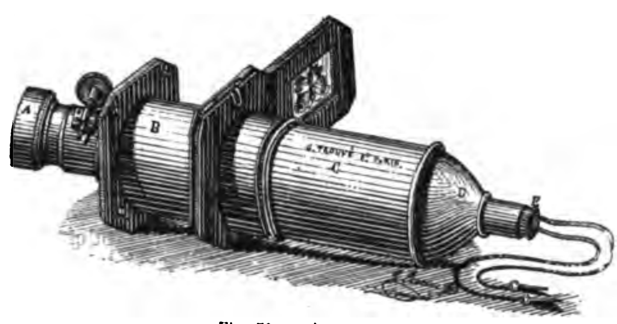


Fig. 70. — Auxanoscope.

La figure 70 représente un nouveau modèle d'auxanoscope extrêmement portatif, adopté récemment par la Ligue de l'enseignement; une batterie légère permet de l'alimenter pendant 2 ou 3 heures. Cet appareil donne un champ de quatre mètres carrés, et son éclairage est presque égal à celui de la lumière oxydrique.

AVERTISSEUR. — Sorte d'appareil télégraphique simplifié servant à transmettre à distance certains signaux généralement conventionnels et peu nombreux, mais d'un usage fréquent. Nous indiquerons d'abord quelques avertisseurs destinés à l'exploitation des chemins de fer. On trouvera aux mots BLOCK-SYSTEM, CONTROLEUR, etc., d'autres appareils destinés également à éviter les accidents sur les voies ferrées.

Avertisseur électrique des voyageurs. — Pour éviter les inconvénients résultant des appels inintelligibles qui se font à chaque station, M. Rogers dispose dans chaque wagon un cadran portant le nom des stations. Une aiguille s'arrête chaque fois sur la station correspondante; elle est mue par un mécanisme analogue à celui du télégraphe à cadran. Le courant est lancé dans l'électro-aimant par un taquet placé sur la voie et qui frappe un bras au moment où le train entre en gare.

Avertisseur de passages à niveau. — Appareil imaginé par MM. Leblanc et Loiseau pour prévenir qu'un train va franchir le passage à niveau. A une certaine distance en avant, 2 ou 3 kilomètres par exemple, est disposée latéralement une pédale, qui est repoussée par la première roue de la locomotive, et fait mouvoir un mécanisme de déclenchement qui agit à son tour sur un commutateur. Celui-ci lance le courant dans un appareil placé au passage à niveau, où il produit un double effet : d'une part il fait tinter une sonnerie, et d'autre part il passe dans un électro-aimant dont l'armature relève un volet qui masquait l'écriteau : *Défense de passer*. Cet écriteau en caractères noirs sur fond blanc est éclairé le soir. L'écriteau est visible et la sonnerie se fait entendre jusqu'à ce que le train ait franchi la barrière. La locomotive agit alors sur une autre pédale qui rompt le circuit.

M. de Baillehache a proposé une disposition analogue, pour éviter les accidents aux passages à niveau : elle consiste à disposer les barrières de sorte que leur fermeture ou leur ouverture ait pour conséquence inévitable l'apparition ou la disparition des disques de protection. Pour éviter en outre les retards dus à la négligence des gardes, on placerait, à 3 ou 4 kilomètres en avant des barrières, un appareil au moyen duquel le passage même du train ferait apparaître à la barrière un voyant dont la chute fermerait un circuit local contenant une forte sonnerie; le tintement de la sonnerie s'arrêterait seulement quand le garde aurait relevé le disque en venant fermer la barrière.

Cet avertisseur est représenté (fig. 71) en plan horizontal, ainsi qu'en coupe longitudinale et transversale. Il se compose d'un contre-rail B, formé d'une plaque de tôle d'acier de 4,5 mm., soigneusement isolée par des plaques de caoutchouc I, que supportent des longrines G et H; la longrine G est assujettie par des tirefonds sur les traverses F F de la voie. Le rail voisin A, monté sur type à coussinet, est relié au sol par la plaque E, et le contre-rail B est en communication avec un fil de ligne par le câble CC.

Chaque fois qu'un train passe sur le rail A, les roues réunissent le rail A et le contre-rail B, et, le circuit de l'avertisseur se trouvant fermé, la manœuvre de cet appareil s'accomplit automatiquement. Le contact est toujours excellent, car le train met toujours à nu la sur-

face du rail, même lorsqu'il est sali, oxydé ou recouvert de neige.

La même disposition peut s'appliquer à un grand nombre de manœuvres relatives à l'exploitation des chemins de fer : actionnement de chronographes ou autres appareils enregistreurs de la vitesse des trains; verrouillement des aiguilles prises en pointe; allumage momen-

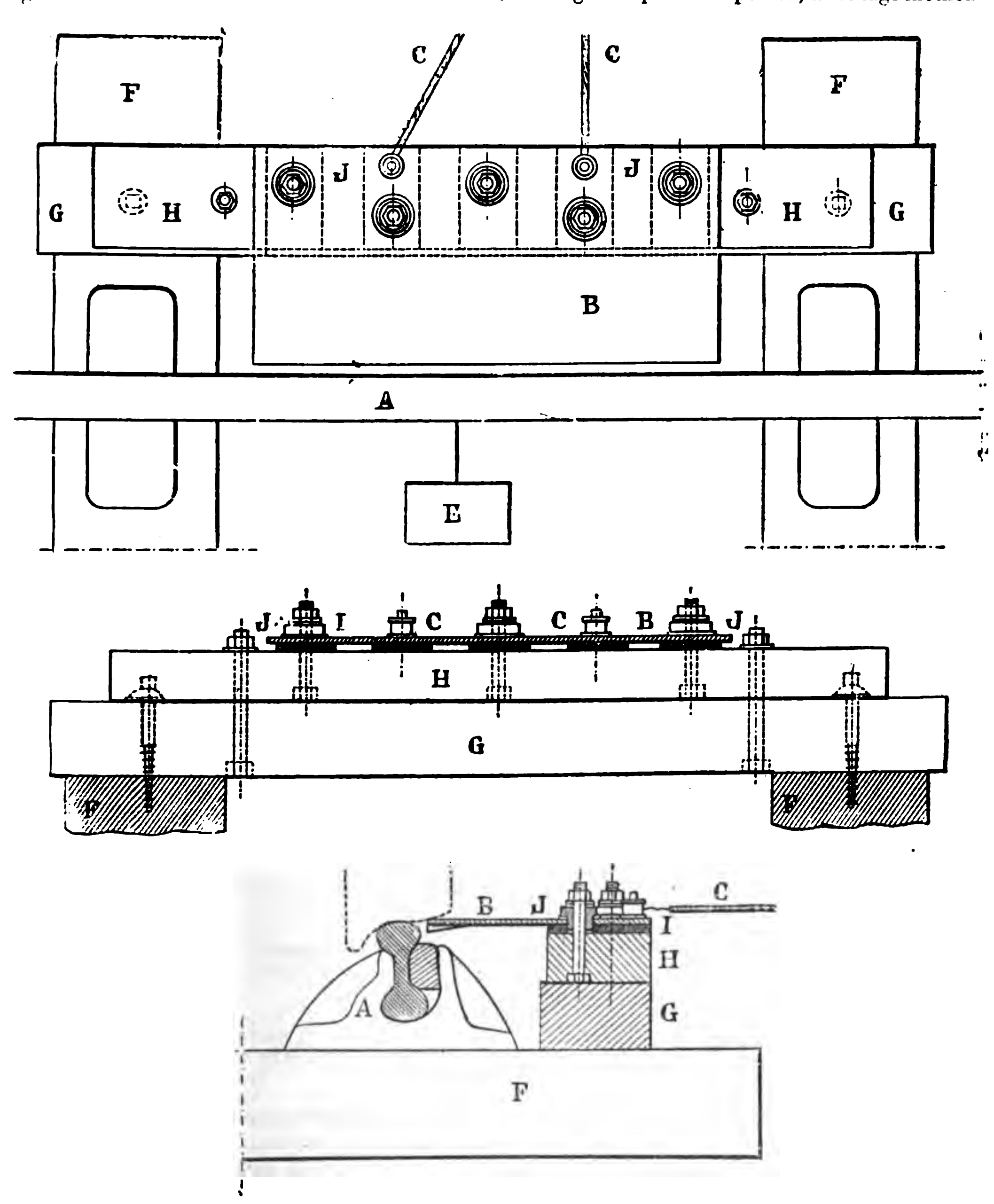


Fig. 71. — Avertisseur des passages à niveau (système E. de Baillehache).

tané de lampes dans les tunnels ou autres points; répétition du mouvement des trains sur un appareil à cadran, établissement de postes de secours pour les trains en détresse, etc.

Les avertisseurs de Baillehache ont été employés avec succès pendant l'Exposition de 1889, sur le chemin de fer Decauville, où ils ont permis de transporter sans accident 6,500,000 voya-

geurs en 42,000 trains; ils ont fourni dans ces conditions plus d'un million de contacts avec une parfaite régularité.

Avertisseur de gare. — La plupart des compagnies françaises de chemins de fer prescrivent aux chefs de gare de mettre à l'arrêt le disque à distance, dès qu'il a été dépassé par un train se dirigeant vers la station. Comme le disque n'est pas toujours visible de la gare, la Compagnie du Nord a mis en expérience un appareil construit sur les indications de M. Sartiaux et destiné à prévenir la gare automatiquement, lorsqu'un train franchit le disque. Cet appareil figurait à l'Exposition de 1889.

Devant le disque est installé un *crocodile* (Voy. ce mot), qui diffère du modèle ordinaire en ce qu'il est fendu transversalement et constitue deux contacts distincts. L'une des moitiés

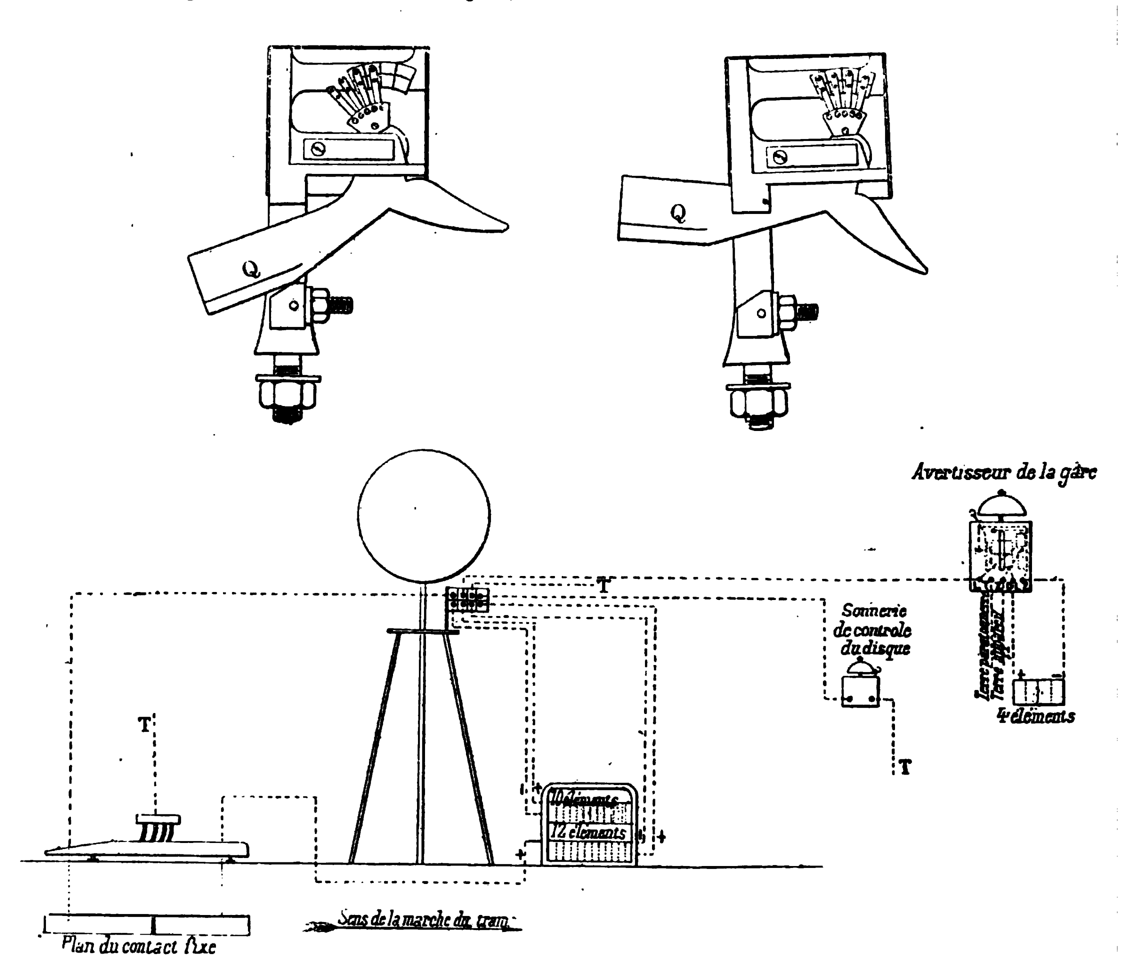


Fig. 72. — Avertisseur de gare et commutateur de disque. (Chemin de fer du Nord.)

sert à actionner le frein à vide lorsque le disque est à l'arrêt, et l'autre à avertir la gare, chaque fois qu'une machine munie d'une brosse métallique T passe devant le disque (fig. 72). Une grosse sonnerie à voyant, placée dans la gare, tinte jusqu'à ce qu'on replace le voyant à la main.

Le commutateur de disque (Voy. Disque) est modifié pour permettre à l'avertisseur de fonctionner, que la voie soit ouverte ou fermée : la queue Q, soulevée par un doigt monté sur le mât du signal, déplace les quatre ressorts de contact et leur fait établir les communications nécessaires entre les huit surfaces métalliques isolées qui forment le commutateur.

Quand la voie est ouverte, le commutateur occupe la première position; deux des ressorts réunissent, d'une part le pôle positif de la pile de la sonnerie de contrôle du disque avec le fil qui va à l'avertisseur et de là à la terre;

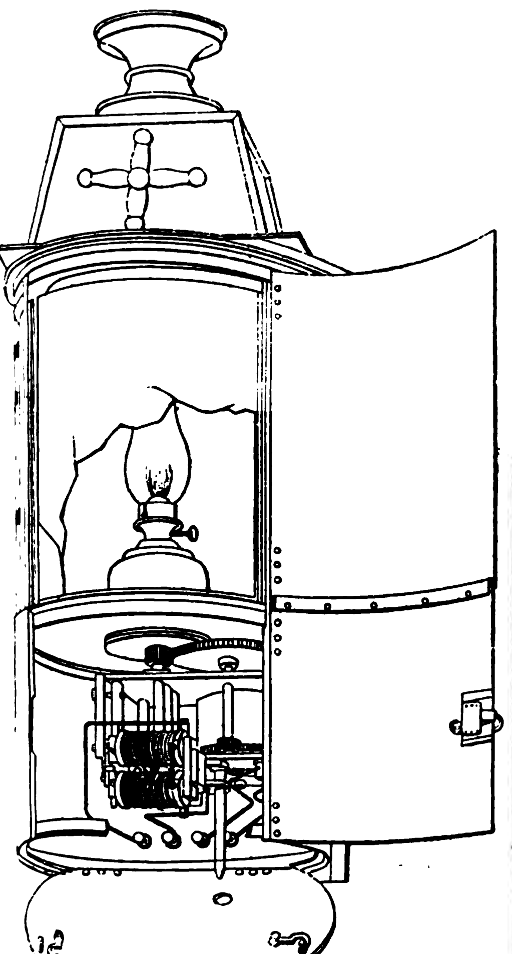
d'autre part le pôle négatif de cette pile avec le crocodile. Le train qui passe complète le circuit et fait fonctionner l'avertisseur, sans faire déclencher le frein, car le courant qui traverse l'appareil de déclenchement est négatif.

Lorsque la voie est fermée, les ressorts font communiquer : 1° le pôle positif d'une pile complémentaire avec le fil de la sonnerie de la gare et la terre; 2° le pôle négatif de cette pile avec la terre; 3° le pôle positif de la pile de disque avec le fil de l'avertisseur et la terre; 4° le pôle négatif de cette pile avec le contact fixe.

Quand un train passe, la machine complète successivement les deux circuits : l'avertisseur de gare fonctionne, ainsi que le frein à vide, et la sonnerie de contrôle du disque tinte comme d'ordinaire.

Avertisseur à lanterne mobile. — Appareil destiné à indiquer au personnel d'une gare importante qu'une voie est occupée, et qu'on ne peut envoyer de train dans cette direction, sans que ce signal puisse être confondu avec les disques ordinaires, qui s'adressent aux mécaniciens.

La Compagnie du Nord emploie pour cet usage un appareil de communication électrique, construit sur les indications de M. E. Sartiaux, et qui se compose d'une lanterne tournante, montée sur l'axe d'un mouvement d'horlogerie et pouvant occuper deux positions dans lesquelles elle présente, sur les deux côtés



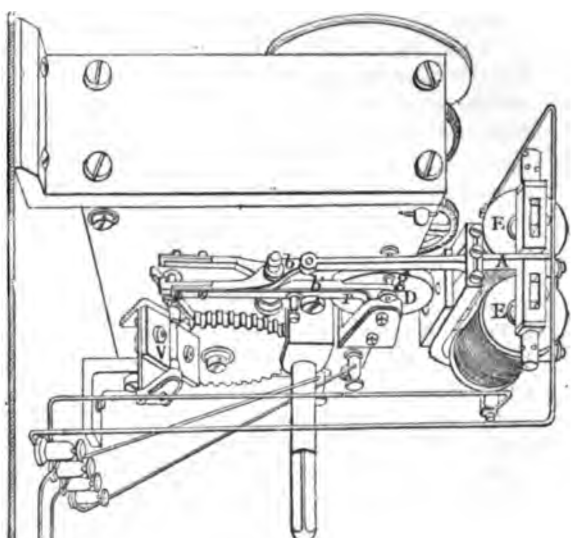


Fig. 73. — Avertisseur à lanterne mobile. (Chemin de fer du Nord.)

diamétralement opposés de l'enveloppe en tôle, une face qui a reçu une inscription en gros caractères ou une face sans inscription (fig. 73). Les caractères, en lettres rouges sur fond blanc dépoli, sont éclairés la nuit par une lampe à pétrole placée dans la lanterne; ils sont également visibles en plein jour.

L'appareil est actionné par deux commutateurs à manivelle en fonte, placés à la portée de l'agent chargé de la manœuvre, auquel ils permettent d'envoyer, l'un des courants positifs pour mettre l'appareil à voie occupée, l'autre des courants négatifs, pour le ramener à voie libre.

Un courant, positif par exemple, étant lancé dans l'électro-aimant, l'armature A, repoussée par l'un des pôles et attirée par l'autre, oscille

et écarte les branches de ciseaux *bb*, dont les extrémités sont munies de goupilles *g* qui pénètrent dans des trous du disque D pour arrêter le mécanisme.

Celui-ci se trouvant déclenché, les ciseaux se referment sous l'action d'un ressort *r*, l'appareil fait un quart de tour : les goupilles *g* rencontrent d'autres trous et arrêtent la rotation.

Le mécanisme est mû par un puissant ressort à barillet, ou par un poids moteur que l'on remonte de l'extérieur. Quand la corde est presque complètement déroulée, un ressort, soulevé par une saillie placée sur le barillet, ferme le circuit d'une pile locale et fait tinter une sonnerie, pour avertir l'agent chargé de remonter l'appareil.

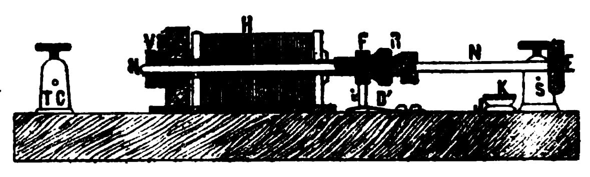
Tout récemment, l'appareil a été doublé de dimensions et le mouvement d'horlogerie remplacé par un contre-poids monté sur un tambour, à la façon des treuils ou des mouvements de grosses sonneries d'annonces.

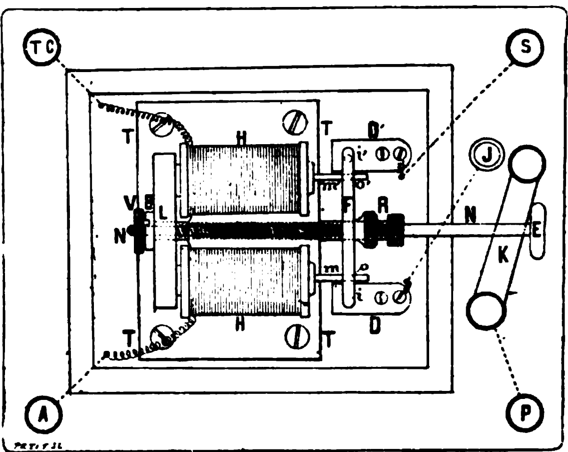
Avertisseur à trompe. — Voy. CLOCHE ÉLECTRIQUE.

Appel d'incendie de la ville de Paris. — Pour appeler les pompiers et leur faire savoir d'où provient l'appel, la ville de Paris a adopté la disposition suivante.

Un récepteur formé d'un électro-aimant, et assez analogue à celui du télégraphe Bréguet, est placé au poste des pompiers; il commande une aiguille qui, lorsque le courant est lancé par un des transmetteurs, se déplace sur un cadran, et avance d'autant de cases que le transmetteur a produit d'émissions de courant. Chaque case correspond ainsi à l'un des transmetteurs et indique le lieu d'où provient l'appel. A l'appareil récepteur est associée une sonnerie, dans laquelle le courant continue à passer après que l'aiguille s'est arrêtée à la case voulue; le tintement se fait donc entendre jusqu'à ce qu'on vienne arrêter l'appel et interrompre le courant.

A chaque poste d'appel se trouve un bouton sur lequel on appuie; cette opération déclenche un système qui lance le courant dans deux dérivations d'égale résistance. L'une de ces dérivations est locale et contient une sonnerie, placée au poste d'appel, et qui tinte jusqu'à ce qu'on ait interrompu le courant au poste de secours. La personne qui appelle est ainsi avertie, d'abord que la ligne est en bon état et que l'appareil fonctionne, et ensuite que l'appel a été entendu au poste de secours. La seconde dérivation comprend la ligne qui se rend au poste de secours et sur laquelle est intercalé le transmetteur, formé d'un treuil mû par un poids et portant une roue qui présente à chaque poste un nombre de dents différent. Quand on appuie sur le bouton, on dégage un doigt fixé au treuil, qui se met à tourner; chaque dent vient à son tour appuyer sur un ressort et fermer le circuit. Il se produit donc autant d'émissions de courant qu'il y a de dents et l'aiguille avance d'un nombre de cases égal, indiquant ainsi le lieu d'où vient l'appel. L'appareil s'arrête sur la dernière dent, de sorte que le courant continue à passer dans les deux sonneries, l'aiguille restant immobile. Lorsqu'on interrompt le courant au





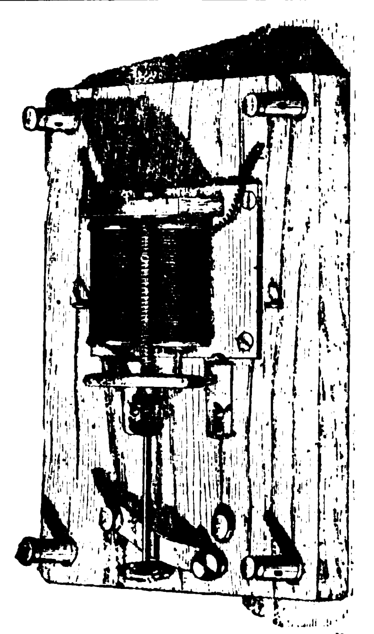


Fig. 74. — Plan, perspective et coupe de l'appareil avertisseur.

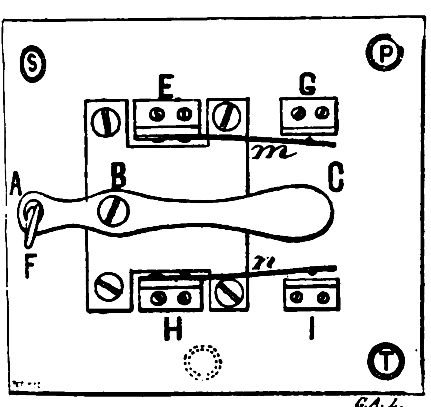
poste de secours, les deux sonneries s'arrêtent, et tous les appareils reviennent à la position de repos.

Avertisseur universel. — L'avertisseur universel de M. L. Digeon peut rendre de nombreux services : il permet notamment d'appeler instantanément et simultanément plusieurs postes de secours, et d'entrer en correspondance avec eux par voie téléphonique. Cet appareil peut donc être employé par les personnes les plus inexpérimentées; il est peu coûteux, et tout dérangement se constate instantanément.

Nous décrirons seulement les parties principales de ce système; les appareils essentiels sont un avertisseur et un commutateur automatique.

Avertisseur. — L'avertisseur (fig. 74) se compose d'un électro-aimant H traversé en temps ordinaire par le courant d'une pile; il est suspendu verticalement de façon que les pôles de l'électro soient à la partie inférieure. L'armature F est alors maintenue au contact des pôles; elle est fixée au milieu d'une tige N terminée en E par un bouton d'ébonite; un ressort G tend à l'écarter de l'électro et deux tiges de cuivre *mm'*, traversant les orifices *o* et *o'*, la guident dans son mouvement.

Si, en agissant au poste d'appel sur le commutateur, on rompt le circuit, l'armature retombe sous l'action de la pesanteur et du ressort G, et deux tiges *ii'*, qu'elle porte à sa partie inférieure, venant rencontrer deux lames flexibles DD', ferment un circuit local passant par la borne S, les pièces D', *i'*, *i*, D, le plot J, la manette K et la borne P et contenant une pile et une sonnerie dont le tintement se fait entendre.



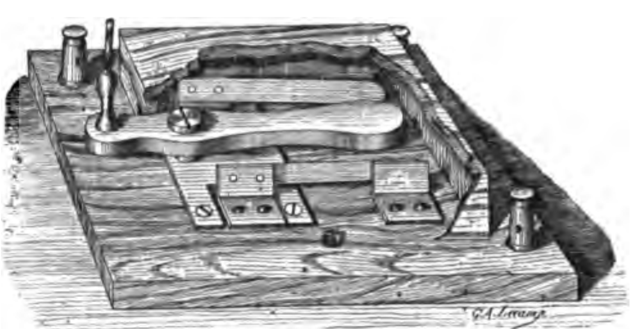


Fig. 75. — Plan et perspective du commutateur automatique.

Le signal entendu, on peut arrêter la sonnerie en ouvrant la manette K, comme le représente la figure. Quand on a fini de correspondre, on pousse le bouton E pour remettre l'armature au contact et refermer la manette K.

Commutateur automatique. — Le commutateur (fig. 75) doit être suspendu verticalement, les bornes P et S en haut. Il se compose d'un levier AC, à branches inégales, pouvant tourner autour de l'axe B; l'extrémité A porte un crochet auquel on peut suspendre un téléphone. Quatre bornes métalliques E, G, H, I, sont disposées autour du levier; E et H sont munies de lames flexibles *m* et *n* qui les mettent en communication avec G ou I, suivant le sens dans lequel s'incline le levier. Les communications s'établissent de diverses manières, suivant la nature du poste où doit être placé le commutateur.

Installation du système avertisseur universel. — La figure 76 montre l'installation d'un poste principal ou poste de secours, qui doit comprendre : un avertisseur, avec un circuit local contenant une sonnerie, un commutateur automatique, un appareil téléphonique d'un système quelconque, et une pile. En temps ordinaire, le téléphone est suspendu au crochet A, et, par son poids, entraîne le levier, dont l'extrémité C vient s'appuyer sur la lame *m* et relier ensemble les bornes G et E. Le courant de la pile suit alors le circuit indiqué en traits pleins; il passe par P, G, *m*, E, S, A, traverse l'électro-aimant, sort par TC, et se rend par le fil de ligne au poste d'appel, dont le téléphone est également suspendu au crochet; il traverse le commutateur de ce poste suivant le chemin S, E, *m*, G, C, B, L et revient au pôle négatif de la pile. La figure 77 représente l'installation du poste

d'appel, composé seulement d'un commutateur automatique et d'un téléphone.

Au repos, l'armature F est attirée par l'électro-aimant, et le circuit local de la sonnerie est interrompu. Mais si, au poste d'appel, on prend à la main le téléphone, le levier AC (fig. 77) bascule par son propre poids, l'extrémité C vient s'appuyer sur la tige flexible *n*, et ferme le circuit qui contient le téléphone et qui est marqué en pointillé S, T, H, *n*, I, C, B, L. En même temps, le circuit principal se trouve interrompu au même poste entre G et *m*; par suite, au poste de secours, l'armature F se détache de l'électro-aimant, et vient fermer le circuit local de la sonnerie, qui commence à tinter. L'observateur placé à ce poste arrête alors la sonnerie à l'aide de la manette K, et saisit le téléphone suspendu au crochet A; le levier AC bascule par son poids, comme nous l'avons expliqué pour le poste d'appel, et vient, en appuyant sur la tige flexible *n*, fermer le circuit pointillé D, I, *n*, H, T, TC, qui contient le téléphone. Par les manœuvres que nous venons d'indiquer, les téléphones se trouvent introduits dans le circuit de ligne, dont on fait sortir la pile et les résistances inutiles.

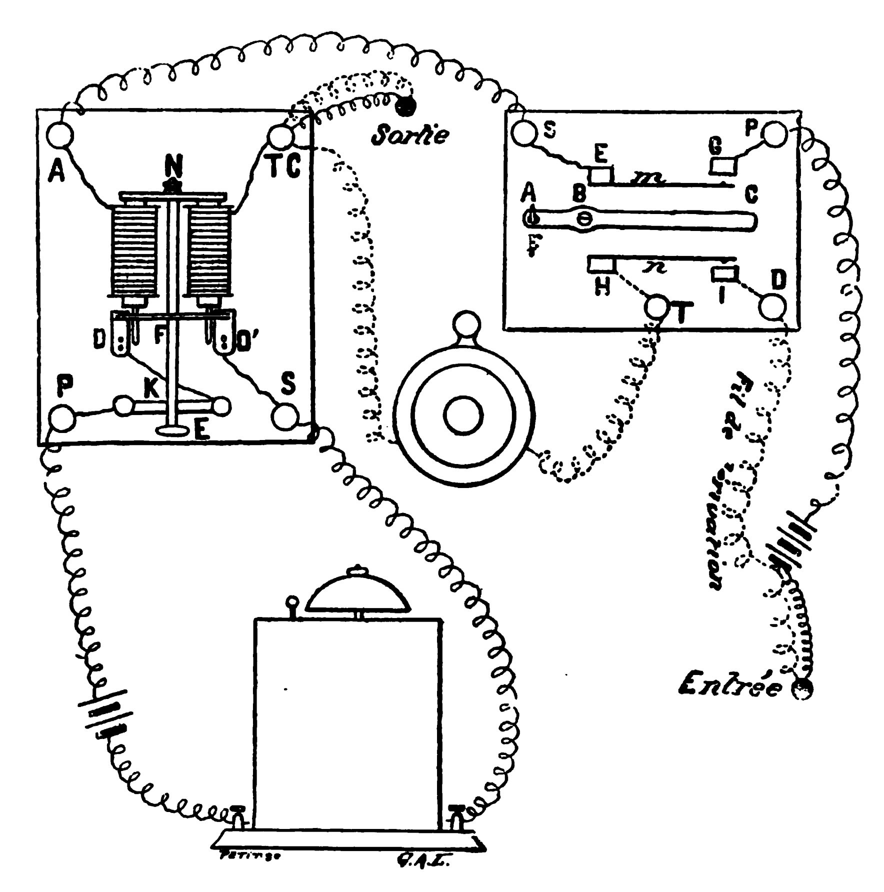


Fig. 76. — Installation d'un poste de secours avec pile de ligne.

Lorsqu'on a fini de correspondre, on replace les téléphones sur les crochets, et on appuie sur le bouton d'ébonite E pour remettre l'armature au contact de l'électro et refermer la manette K.

On peut mettre dans le même circuit un nombre quelconque de postes d'appel et de secours, disposés en série; une pile unique suffit. Pour les postes de secours qui n'ont pas de pile, les communications du commutateur doivent être légèrement modifiées. La pile de ligne devant fonctionner constamment, il convient d'employer des couples du genre Daniell.

Avertisseur Mackenzie. — Petit appareil servant à faire connaître, lorsqu'on appuie sur un bouton de sonnerie, si le courant passe, et par

suite si la sonnerie fonctionne. Il peut être placé dans un bouton ou dans une poire d'appel;

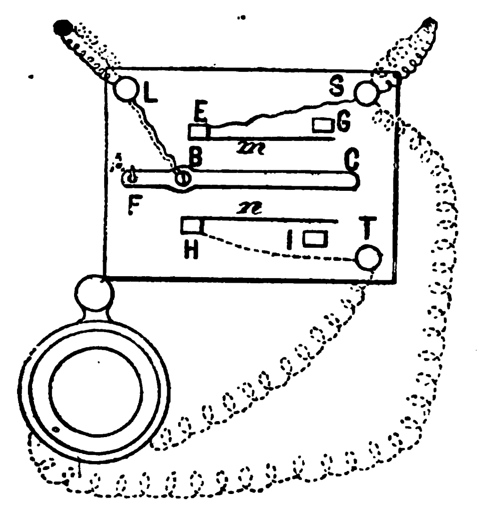


Fig. 77. — Installation d'un poste d'appel.

il peut aussi être employé seul à la place d'une sonnerie. La figure 78 montre les premiers cas. L'avertisseur est formé d'un électro-aimant, reposant sur un socle de fer doux et entouré d'une boîte de même substance, dont le cou-

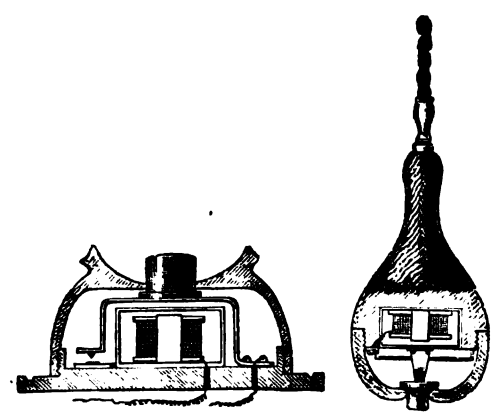


Fig. 78. — Avertisseur Mackenzie.

vercle est très voisin de l'extrémité du noyau.

Lorsque le courant passe dans la bobine, le noyau et le couvercle étant les pôles respectifs d'un aimant continu, se trouvent aimantés,

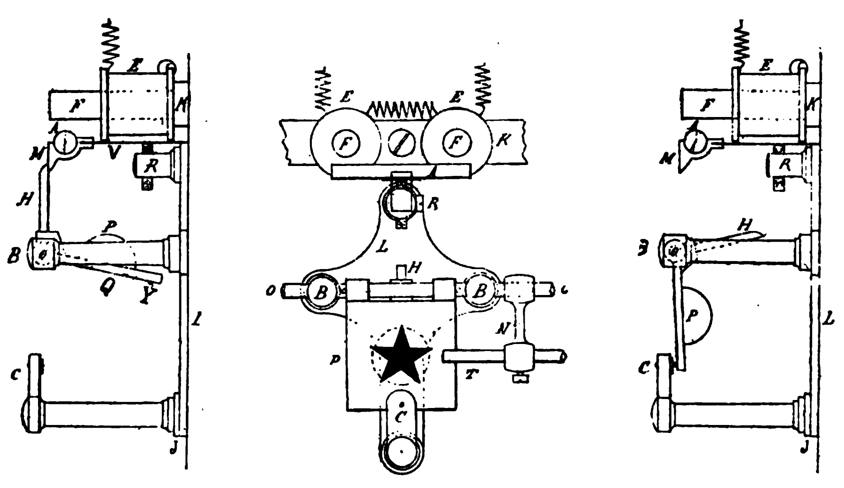


Fig. 79. — Avertisseur de vol.

ils acquièrent des polarités opposées, et émettent un son qui peut être augmenté à volonté et qui dure tant que le courant continue à passer. Cette action étant uniquement moléculaire, il n'est besoin d'aucune partie mobile, et par conséquent il n'y a rien qui puisse se détériorer.

Ce petit appareil peut être utilisé dans bien des cas, notamment :

(*a*) Dans les circuits des téléphones, entre les postes des bureaux et ceux des abonnés, ou bien entre les postes des bureaux eux-mêmes, pour savoir, chaque fois que l'appel a été donné, si les sonneries fonctionnent et si par conséquent les circuits sont en bon état.

(*b*) Dans les chemins de fer, pour les appareils à signaux, afin que l'employé puisse s'assurer si le signal qu'il a transmis a été reçu par l'autre poste.

(*c*) Dans les appareils Morse, pour remplacer le petit galvanomètre avertisseur qui indique à l'opérateur que le circuit est fermé.

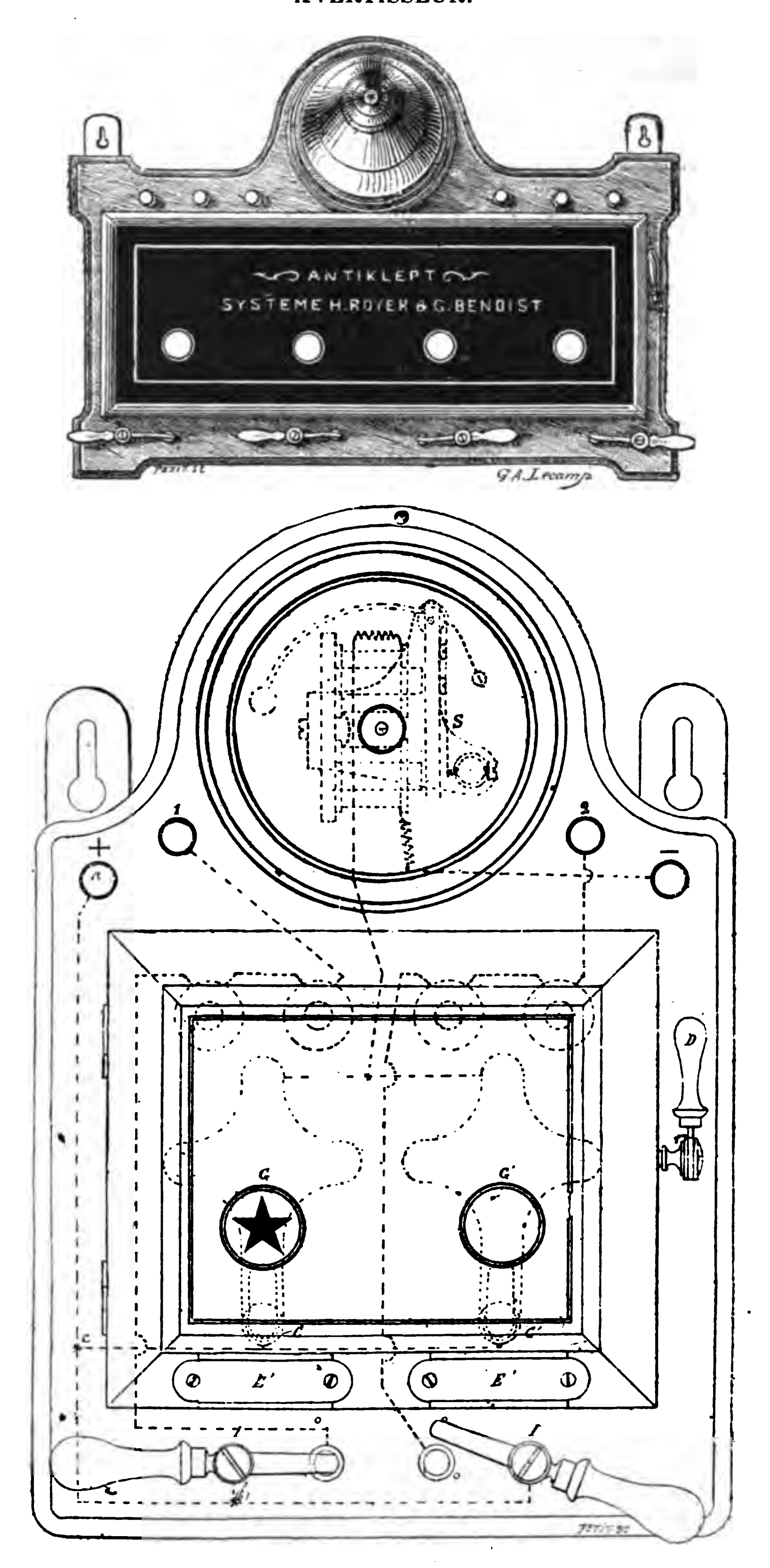


Fig. 80. — Avertisseur de vol (vue d'ensemble).

(*d*) Dans les signaux militaires, ce petit appareil est d'une valeur très grande, car il est excessivement simple et s'adapte à tous les équipements.

(*e*) Enfin, pour certaines opérations électrotechniques, cet appareil possède des avantages sur la forme ordinaire des avertisseurs, car on peut le faire fonctionner avec certitude, même par les personnes qui n'ont aucune connaissance en matière d'électricité.

Avertisseur de vol ou Antiklept. — Cet avertisseur, imaginé par MM. H. Royer et G. Benoist, peut servir à indiquer une élévation anormale de température, mais il sert surtout à prévenir de l'ouverture d'une porte, d'une fenêtre, d'un meuble, de l'escalade d'une clôture, en un mot à déceler la présence du voleur.

On dispose un fil de telle sorte qu'on ne puisse ouvrir la porte ou franchir la clôture sans le couper ou le toucher, ces deux opérations ayant pour effet d'actionner un contact spécial, que nous décrirons plus loin, qui vient alors fermer un circuit contenant l'avertisseur. Celui-ci est formé d'un électro-aimant E horizontal (fig. 79), qui attire, lorsque le courant passe, une armature A fixée au-dessous de lui sur une lame flexible V, dont la course est limitée par la vis R. Cette armature porte une sorte de cliquet M qui, lorsqu'elle est attirée, permet le déclenchement de la pièce coudée HY, qui tourne autour du point B, entraînée par le contre-poids *p*. Un voyant, fixé en Q sur cette pièce à bascule, apparaît alors derrière l'ouverture correspondante, tandis que le contact Y vient buter contre le plot C, et ferme ainsi le circuit d'une sonnerie qui se fait entendre jusqu'à ce que l'on vienne rompre le circuit de l'électro et replacer la pièce H dans sa position première.

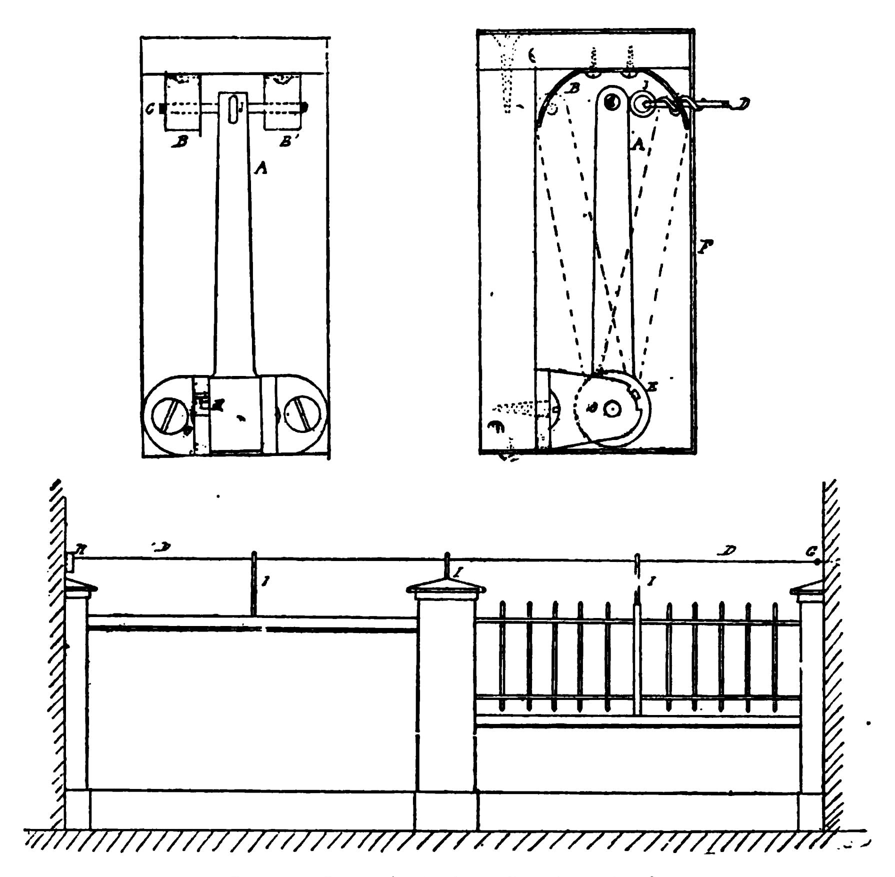


Fig. 81. — Contact de sûreté pour l'avertisseur de vol.

La figure 80 montre l'aspect extérieur d'un appareil à quatre numéros, et la disposition des différentes pièces dans un appareil à deux numéros. Le fil positif vient s'attacher à la borne *a*, de laquelle part un fil qui se divise en *b* et vient aboutir aux interrupteurs à manette II'. Des

interrupteurs les fils vont à leurs électro-aimants respectifs, puis s'attachent aux bornes 1 et 2. De là partent les fils qui vont aux contacts de sûreté, puis se réunissent au pôle négatif de la pile. En *c* est une dérivation qui communique avec les plots fixes CC' et qui sert à actionner les sonneries intercalées entre les pièces à bascule et le pôle négatif. D est la poignée d'un axe portant des tiges qui servent à remettre en place les voyants, lorsqu'on a rompu le circuit de l'électro à l'aide d'un des interrupteurs II'.

Pour lancer le courant dans l'avertisseur, on peut se servir du contact suivant. Un levier A, mobile autour de l'axe O (fig. 81), est sollicité par un ressort à s'incliner vers la gauche, mais un fil bien tendu et attaché à l'anneau J le maintient dans la position verticale. Si ce fil, disposé devant l'ouverture ou au-dessus de la clôture qu'on veut protéger, subit une pression ou une traction en un point quelconque, il tire vers la droite le levier A, et la tige C, perpendiculaire à ce levier, rencontrant deux pièces métalliques BB', ferme le circuit de l'électro-aimant. Si les malfaiteurs coupent le fil, le levier A, obéissant à l'action du ressort, s'incline vers la gauche, et la tige C ferme encore le circuit en touchant deux autres pièces semblables à B et B'. Le tout est protégé par une enveloppe métallique. La figure montre le contact de face et de profil, et l'installation du fil protecteur au-dessus d'une clôture. Ce fil, fixé solidement par l'une de ses extrémités G, s'attache d'autre part à l'anneau du levier A et est soutenu par une série de tiges I qui lui permettent de jouer librement.

Avertisseur de fuites de gaz. — M. de Baillehache a adapté aux compteurs à gaz un dispositif électrique, qui permet de constater les fuites, et d'estimer à distance la consommation, au moins d'une façon approximative.

On sait que, dans ces appareils, le gaz dépensé soit par des fuites, soit par la consommation régulière, est mesuré par la rotation d'une roue horizontale, appelée roue des litres. M. de Baillehache encastre la roue des litres dans une roue isolante, d'un diamètre et d'une épaisseur plus grands, évidée de façon qu'on puisse y noyer une partie de l'épaisseur de la première. Sur la circonférence de la roue isolante sont fixées des goupilles en goutte de suif, régulièrement espacées, qui viennent, lorsque les roues tournent, frotter successivement sur un ressort et fermer un circuit qui contient une sonnerie, une pile et un bouton d'appel.

Lorsqu'on appuie sur le bouton, on entend des tintements régulièrement espacés si la roue des litres tourne. Si, à ce moment, tous les robinets sont fermés, on est averti de l'existence d'une fuite. S'il y a des robinets ouverts, on peut mesurer approximativement la consommation par le temps qui s'écoule entre deux tintements successifs.

Avertisseur de tension. — Voy. INDICATEUR.

AVERTISSEUR AUTOMATIQUE D'INCENDIE. — Ces avertisseurs ne sont autre chose que des indicateurs de température, mais fonctionnant seulement lorsqu'elle dépasse le maximum fixé. Lorsque le feu se déclare dans leur voisinage, ils ferment automatiquement un circuit contenant la sonnerie destinée à avertir du danger. On peut obtenir la fermeture du circuit en utilisant les divers effets de l'élévation de température : dilatations, changements d'état, combustion.

Avertisseurs fondés sur les dilatations. — Un certain nombre de ces apaareils sont fondés sur l'inégale dilatation des métaux. On soude

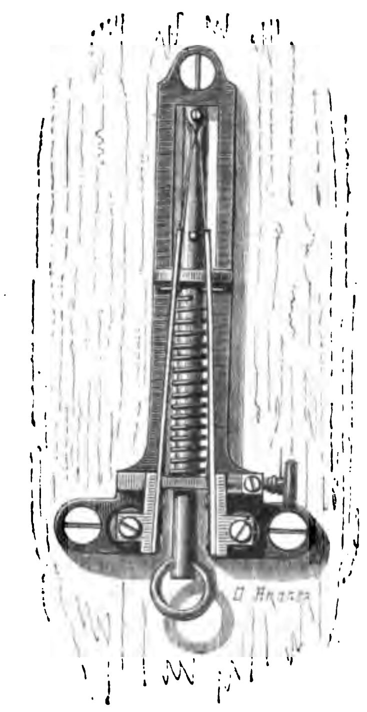


Fig. 82. — Avertisseur d'incendie Gaulne et Mildé.

ensemble sur toute leur longueur deux lames de métaux différents : quand la température s'élève, les deux métaux se dilatent inégalement et, par suite, la double lame se recourbe.

On peut régler la disposition pour qu'à une température voulue elle vienne toucher une autre pièce métallique et fermer un circuit contenant une sonnerie. Telle est à peu près la disposition de l'avertisseur Gaulne et Mildé (fig. 82), si ce n'est qu'il est formé de deux lames thermométriques, composées chacune de trois métaux, zinc, cuivre, acier, et placées presque parallèlement sur un support isolant, le métal le plus dilatable, le zinc, étant en dehors. Ces lames, fixées par leur partie inférieure, se terminent à l'autre bout par des ressorts munis de contacts et communiquant avec la pile et avec la sonnerie, de sorte que, si les contacts viennent à se toucher, le circuit est fermé et la sonnerie se fait entendre. Mais, le métal le plus dilatable étant en dehors, les lames se recourbent de plus en plus vers l'intérieur lorsque la température s'élève, et, si leur distance a été bien calculée, les contacts arriveront à se toucher pour la température limite, qui est ordinairement 35° ou 40°.

L'appareil sert en même temps de tirage pour sonnerie, afin de maintenir les contacts bien propres. Pour cela, en arrière des deux lames est placée une tige isolante, munie à la partie supérieure d'une goupille métallique qui fait saillie en avant, au-dessus des contacts. Cette tige est maintenue par un ressort à boudin et se termine à la partie inférieure par un anneau. Si l'on tire cet anneau, la goupille vient frotter contre les deux contacts et ferme le circuit; dès qu'on abandonne l'anneau, le ressort ramène la tige à sa position d'équilibre et interrompt le courant. L'appareil se place à la partie supérieure de la salle, et l'on attache à l'anneau un cordon de tirage. Le seul défaut de cet appareil est d'actionner la sonnerie aussi bien pour une dilatation lente provenant d'une élévation normale de la température ambiante que pour l'échauffement brusque dû à un commencement d'incendie.

L'appareil Brasseur échappe à cet inconvénient. Il est formé de deux cylindres de zinc verticaux placés sur un même socle, l'un vide, l'autre plein de suif, et supportant à leur sommet une tige de cuivre reliée à l'un des pôles de la pile. Au-dessus de cette tige est une vis qui communique avec l'autre pôle. Un échauffement brusque fait dilater également les deux cylindres de zinc, et la traverse de cuivre, soulevée, vient toucher la vis et fermer le circuit. S'il se produit, au contraire, une élévation lente de température, le suif entre en fusion et maintient pendant longtemps le cylindre qui le renferme à 33°; le cylindre vide se dilate seul, et la traverse, soulevée obliquement, ne vient pas toucher la vis. On règle la position de cette vis suivant la valeur qu'on veut donner à la température maximum. Cet instrument est spécialement destiné à servir d'avertisseur; il est vrai que les pièces servant au contact sont assez faciles à entretenir bien propres.

Avertisseurs basés sur les changements d'état.



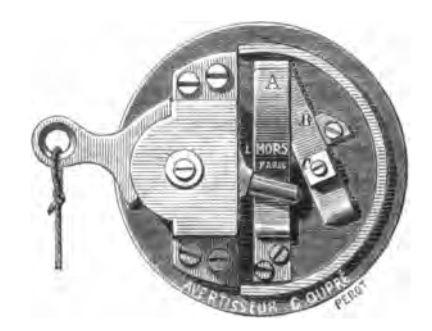


Fig. 83. — Avertisseur Dupré.

— Il existe d'autres avertisseurs, dans lesquels les pièces destinées à établir le contact sont séparées par une matière isolante facilement fusible. La température vient-elle à s'élever? Cette substance fond et laisse le contact s'établir. L'un des plus simples parmi les appareils de ce système est celui de Dupré, qui présente la forme d'un bouton de sonnerie ordinaire et sert en effet au même usage (fig. 83). Le ressort supérieur A est libre et vient toucher le ressort B quand on presse le bouton; mais la lame B est repliée par dessous en forme d'U, et maintenue appliquée sur le fond par une masse isolante C, que traverse une vis. Quand la température atteint la limite voulue, cette petite masse fond, et la lame B, abandonnée à elle-

même, se détend, va rencontrer la lame A et ferme le circuit. La seconde partie de la figure montre la même disposition appliquée à un tirage à cordon. Ce petit appareil a l'avantage d'être très simple et de n'exiger aucune dépense particulière.

L'avertisseur de M. Gimé est aussi d'une construction très simple. La pièce métallique H, (fig. 84) isolée par le bouton de bois G, est

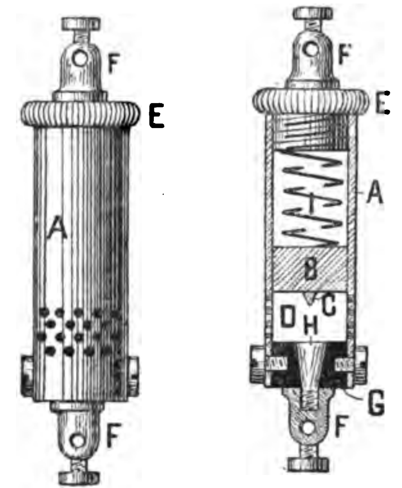


Fig. 84. — Avertisseur Gimé.

reliée, par l'intermédiaire de la borne inférieure F, à l'un des pôles de la pile. L'autre pôle communique par la borne supérieure et le ressort I avec le piston B. Une cartouche de substance isolante D sépare B et H. Si la température vient à s'élever, cette substance fond et coule par les trous latéraux ; le piston B, poussé par le ressort, vient au contact de H, et le circuit est fermé. La cartouche D peut être en cire, suif, résine, goudron, gutta-percha, bitume, graisse, etc., suivant la température à laquelle on veut être averti.

D'autres avertisseurs utilisent également la vaporisation. Ainsi l'on peut se servir d'un tube en U plein de mercure, dont l'une des branches est fermée et contient à la partie supérieure une petite quantité d'un liquide volatil. Quand la température s'élève, ce liquide se vaporise et refoule le mercure, qui s'élève de l'autre côté et vient, quand la limite voulue est atteinte, toucher deux fils de platine en communication avec une pile et une sonnerie : le circuit se trouve donc fermé, et la sonnerie se fait entendre.

Avertisseurs fondés sur la combustion. — Il existe enfin des avertisseurs dans lesquels la destruction par le feu d'une pièce facilement combustible produit le déplacement qui doit fermer le circuit.

Voici par exemple l'un des plus simples. Deux lames de cuivre A et B, séparées par une petite distance, communiquent avec les deux pôles d'une pile. Un poids est suspendu au-dessus d'elles ; lorsque le fil qui le soutient vient à brûler, il tombe et amène les deux lames au contact (fig. 85) ; une boîte ou une



Fig. 85. — Avertisseur fondé sur la combustion.

cloche protège l'appareil contre la poussière.

L'avertisseur Charpentier est formé de deux ressorts à peu près verticaux, qui se rapprochent vers leur partie supérieure, et qui sont reliés à la sonnerie et aux deux pôles de la pile. Entre ces ressorts est une tige cylindrique verticale entourée d'une bague de laiton. Un ressort à boudin tend à faire monter cette tige de manière à amener la bague au contact des deux ressorts et à fermer le circuit ; mais un poids suspendu à la tige par un cordon de soie s'oppose à l'action du ressort et maintient le courant interrompu. En cas d'incendie, le cordon brûle, le poids tombe ; il en résulte que la tige remonte et que la bague vient toucher les deux contacts. L'appareil sert en temps ordinaire de tirage pour sonnerie : on le place à la partie supérieure de la pièce et l'on attache un cordon à un levier disposé pour soulever la tige isolante.

Fil avertisseur. — Nous signalerons encore la dispositiou intéressante de MM. Joly et Barbier qui consiste dans l'emploi d'un fil avertisseur. On évite ainsi l'inconvénient de n'avoir que des appareils plus ou moins dispersés, et l'on peut établir sans grande dépense un réseau protecteur passant par tous les points où l'on juge cette précaution nécessaire. Ce fil peut même remplacer les conducteurs ordinaires pour sonneries : il consiste en un câble formé de deux fils isolés par de la gutta-percha et serrés fortement l'un contre l'autre. L'un des fils est relié à l'un des pôles de la pile, l'autre à la sonnerie et à l'autre pôle. En cas d'incendie, la gutta fond et les deux fils, se trouvant au contact, ferment le circuit. On peut aussi placer entre les

fils isolés une petite bande d'alliage fusible qui servira à établir un meilleur contact. Ce système a l'avantage de pouvoir être employé concurremment avec un de ceux qui précèdent, de manière à augmenter les chances de protection.

Avantages et inconvénients des avertisseurs. — Ces instruments ne semblent pas, jusqu'à présent du moins, capables de rendre de bien grands services, et cela pour plusleurs raisons. D'abord il est assez difficile de déterminer la température à laquelle l'instrument doit fonctionner : si on la prend trop haute, le danger peut devenir très sérieux avant que l'on soit averti; si au contraire on la choisit trop basse, par les fortes chaleurs de l'été, ou même en hiver, à la suite d'un chauffage exagéré, l'appareil pourra donner l'alarme sans motif. On a cherché à éviter cet inconvénient en construisant des avertisseurs qui fonctionnent seulement lorsque l'élévation de température est brusque, et non lorsqu'elle se produit lentement, par l'échauffement progressif de l'air de la salle. Une seconde raison, c'est que, ces instruments n'ayant heureusement que des occasions fort rares de servir, les surfaces par lesquelles doit s'établir le contact finissent par s'oxyder ou se ternir à l'air, et le circuit ne peut plus se fermer lorsque c'est nécessaire. Il est du reste d'autant plus difficile d'entretenir ces surfaces dans l'état de propreté indispensable que les appareils sont généralement placés au haut des salles, là où l'air s'échauffe le plus facilement. Pour obvier à ce nouvel inconvénient, il est bon de choisir des avertisseurs pouvant servir en même temps à un autre usage, par exemple à remplacer les appels des sonneries électriques. De cette manière, un frottement fréquent entretient les surfaces bien propres, et, si l'un des appareils vient à se trouver hors de service pour une cause quelconque, on en est averti aussitôt par l'usage journalier.

Il faut remarquer en outre que le feu peut très bien prendre naissance entre deux avertisseurs, de sorte que ceux-ci fonctionneront seulement lorsque l'incendie sera déjà très développé, et que d'autre part le feu peut quelquefois naître et se développer longtemps sans élévation apparente de température, pour éclater ensuite brusquement et d'une manière très grave : c'est ce qui arrive par exemple lorsqu'une poutre se consume lentement à l'abri de l'air. Malgré ces défauts, les avertisseurs peuvent rendre de réels services, et, si nous avons d'abord insisté sur leurs inconvénients, c'est surtout pour bien faire comprendre les raisons qui doivent guider dans le choix de ces appareils.

On voit qu'un avertisseur doit avoir en même temps une autre destination, afin de servir sans cesse; il doit de plus n'obéir qu'à un échauffement rapide. Il faut aussi que les différents appareils soient suffisamment rapprochés les uns des autres, et il faut surtout qu'on se garde bien, par une confiance exagérée dans les avertisseurs, de négliger les autres précautions nécessaires.

AVERTISSEUR (Thermo-). — Sorte de thermomètre à maxima d'un genre particulier, imaginé par M. Tommasi, et spécialement destiné à prévenir les accidents qui pourraient résulter d'une augmentation exagérée de l'intensité d'un courant : l'échauffement des conducteurs qui en résulte met l'appareil en marche.

Dans une boîte isolante sont disposés un fil de cuivre recourbé en U, qui fait partie du circuit principal, et une cuvette de métal qui renferme une matière isolante fusible, telle que stéarine, paraffine, etc.; cette matière est en contact avec le fil et l'isole de la cuvette. Dès qne l'intensité du courant dépasse la limite voulue, le fil en U s'échauffe, fond la stéarine et se trouve amené, par l'action d'un ressort à boudin, au contact de la cuvette métallique; ainsi se trouve fermé le circuit d'une pile locale destinée à faire fonctionner une sonnerie d'alarme. Un interrupteur, placé près de cette sonnerie, permet d'arrêter le tintement dès qu'on est averti et peut en même temps allumer une lampe à incandescence, placée en dérivation et munie d'un verre rouge pour fournir un nouveau signal d'alarme.

On peut joindre à l'appareil un second interrupteur automatique destiné à ouvrir le circuit principal et à supprimer ainsi tout danger d'incendie ou de détoriation de machines, même en l'absence de tout personnel. Cet interrupteur se compose d'un électro-aimant de Hughes, intercalé dans le courant principal, qui attire son armature et ferme le circuit. Dès que le signal d'alarme fonctionne, le courant local passe dans l'électro et y neutralise l'effet du courant principal. L'armature cesse d'être attirée et son déplacement rompt le circuit principal.

Ce petit appareil a l'avantage d'être très simple, de n'introduire dans le circuit aucune résistance appréciable, de signaler l'échauffement sans rompre le circuit, et enfin de pouvoir se régler pour toutes les températures.

AXIAL (Courant nerveux). — Courant résultant de la différence de potentiel qui s'établit entre deux sections transversales d'un nerf.

AXIALE (Ligne). — Droite qui joint les deux pôles d'un aimant.

B

BAIN ÉLECTRIQUE. — Nom donné aux procédés électrothérapiques suivants.

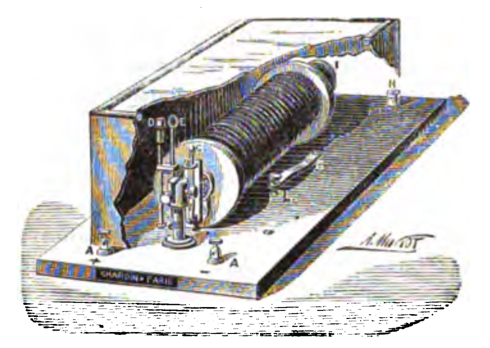


Fig. 86. — Bobine pour bain électrique.

Bain électro-positif ou électro-négatif. — Le malade, assis sur un siège placé sur un tabouret isolant, est mis en communication avec une machine électrostatique puissante et porté au potentiel de cette machine. Il éprouve la sensation particulière dite de *toile d'araignée.* Ce bain produit, surtout chez les sujets à système nerveux excitable, une action énergique sur le sympathique, d'où résulte une diminution de la tension vasculaire, une accélération de la circulation périphérique, et une imbibition plus complète des tissus; de là une sensation de chaleur générale, perceptible pour l'observateur à la surface de la peau, surtout au visage et aux extrémités. Voy. Électrothérapie.

Bain électrique. — Une bobine d'induction à très gros fil actionnée par une pile au bichromate (fig. 86 et 87) est placée dans une boîte fermée par une glace, et reliée par des électrodes de charbon D avec l'eau contenue dans une baignoire de bois A. Cette disposition donne de bons résultats dans un certain nombre d'affections. Des plaques de charbon B et un tampon E permettent de localiser l'excitation ; des

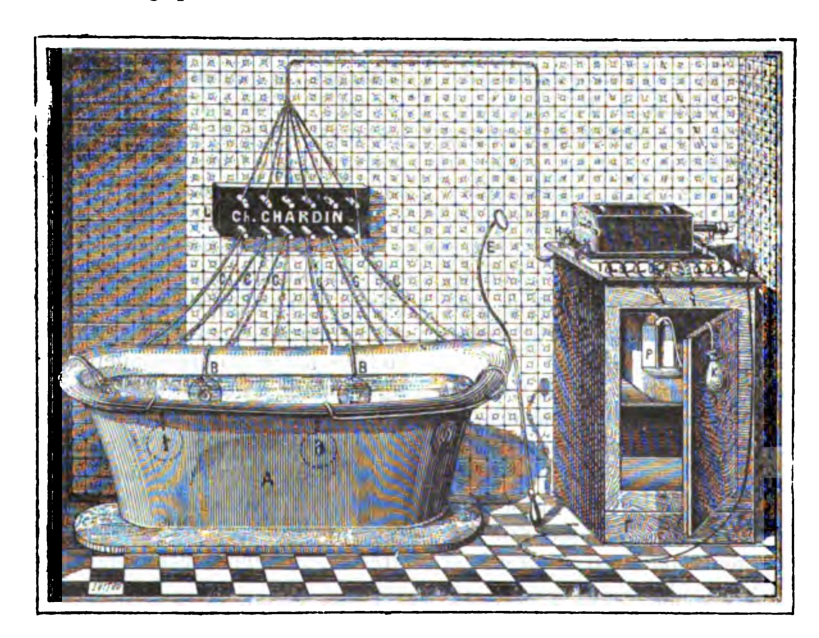


Fig. 87. — Bain électrique.

bornes numérotées I servent à faire passer le courant dans les plaques correspondantes. La bobine G est excitée par une pile au bichromate à insufflation d'air.

BALAI. — Faisceau de fils métalliques qui frotte sur le collecteur d'une machine d'induction pour y recueillir le courant. La fig. 88 montre la disposition des balais dans les dynamos Edison.

On emploie aussi depuis quelque temps des balais formés d'une toile métallique en fil de cuivre de la plus haute conductibilité, de 0,12mm de diamètre, à tissu très serré. Cette toile est enroulée sur elle-même un certain nombre de fois et soumise ensuite à un outil spécial qui lui donne la forme parallélipipédique. Ce balai a, comme ceux à fils fins, l'avantage d'être très souple et de n'exiger

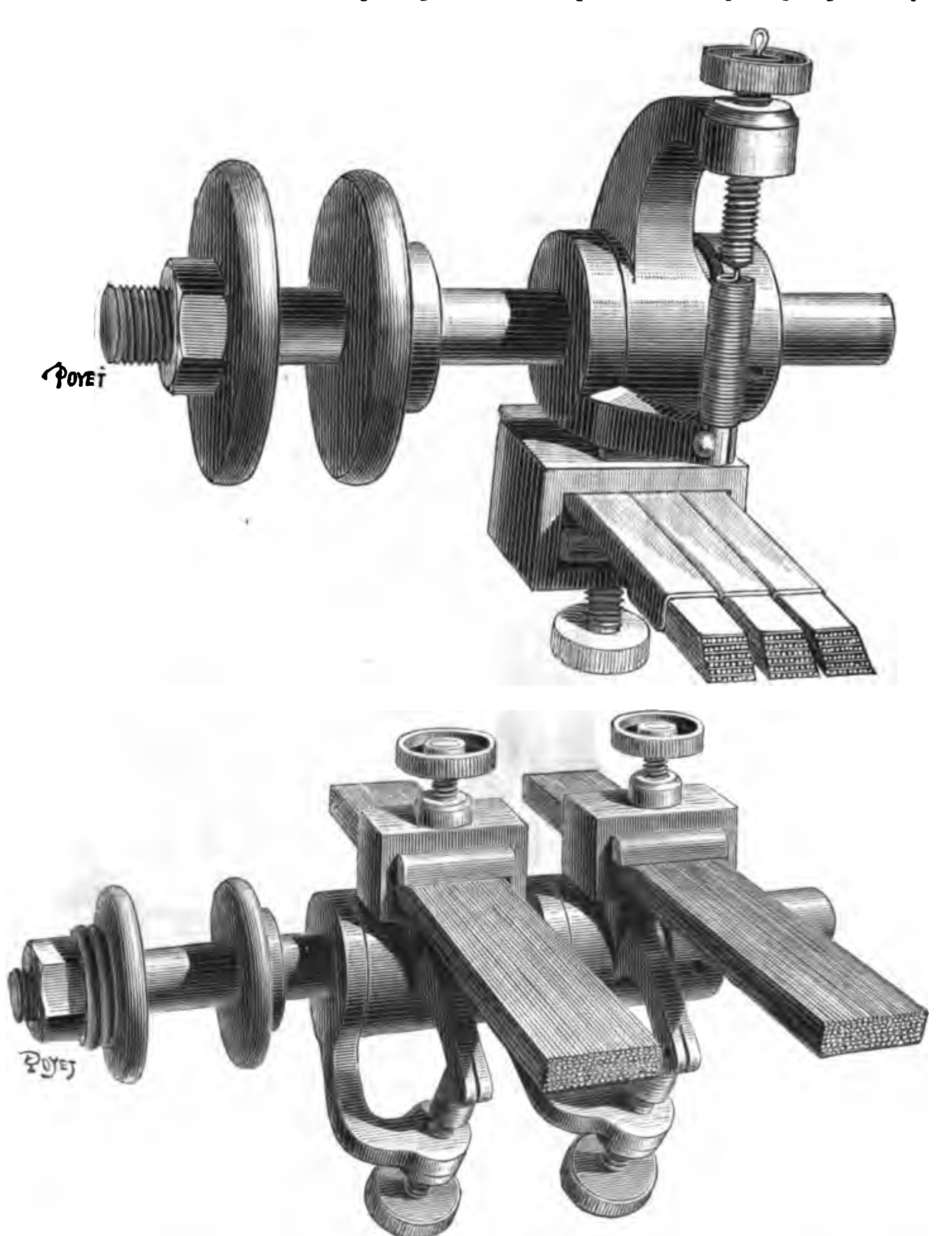


Fig. 88. — Porte-balais pour dynamo (Compagnie continentale Edison).

qu'une faible pression pour donner un excellent contact; il n'a pas comme eux l'inconvénient de se déformer très facilement.

Angle de calage des balais d'une dynamo génératrice. — Considérons, pour simplifier, une machine magnéto-électrique dans laquelle le champ est dû à un seul aimant; la ligne de commutation doit être, par raison de symétrie, parallèle (machine de Clarke) ou perpendiculaire (machine de Gramme) à la ligne qui passe par les deux pôles. L'expérience montre qu'en réalité ce n'est pas suivant cette ligne qu'il faut placer les balais pour avoir le maximum d'effet, mais qu'il faut les en écarter d'un certain angle dans le sens de la rotation. Cet angle est appelé *angle de calage*. Pour une même machine, sa valeur dépend de la vitesse de rotation.

On explique ce fait par un certain retard dans l'aimantation et la désaimantation des noyaux de fer doux, d'où leur action changerait de sens seulement un certain temps après l'inversion du champ magnétique. On peut faire intervenir aussi la réaction du courant induit sur les inducteurs et sur les noyaux de fer doux, réaction qui doit modifier le champ.

Calage des balais d'une dynamo réceptrice. — La règle n'est pas la même que dans le cas précédent. Supposons en effet qu'on lance dans une dynamo un courant de même sens que celui qu'elle produirait comme génératrice : il n'y a rien de changé dans le raisonnement précédent, si ce n'est le sens de la rotation ; les balais conservent donc leur position, mais, le sens de la rotation ayant changé, ils se trouvent calés en retard sur leur position théorique, et non plus en avance. Il est facile de voir qu'il en est de même, quel que soit le mode d'excitation de la dynamo.

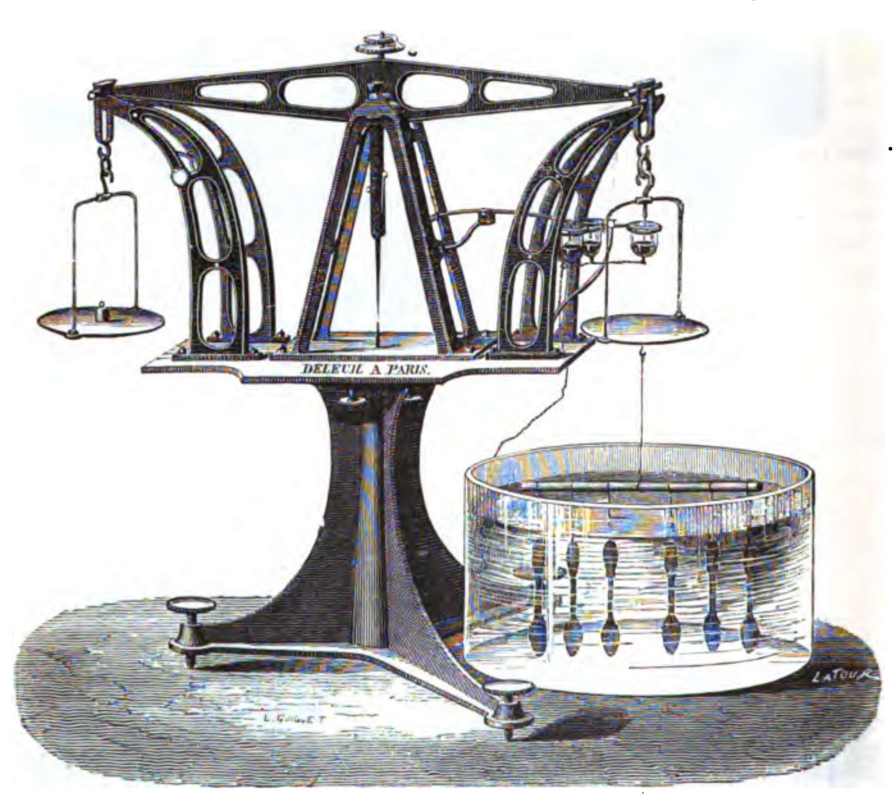


Fig. 89. — Balance argyrométrique.

Comme dans les génératrices, l'angle de calage varie avec le rapport des champs magnétiques de l'inducteur et de l'induit, et, dans ce cas, la variation est considérable comme celle du rapport des champs. Si le champ des inducteurs est peu intense par rapport à celui de l'induit, le décalage est très grand et varie avec la charge du moteur, c'est-à-dire avec le travail exécuté, la répartition des champs variant aussi avec cette charge. Il faut alors modifier sans cesse la position des balais, pour éviter la production des étincelles.

Le moteur Field, employé aux États-Unis, est muni d'une disposition particulière pour le réglage des balais. Les deux balais principaux sont fixés sur un cadre mobile avec deux petits balais placés à angle droit avec les premiers, et reliés avec un petit moteur qui commande le cadre mobile. Quand les balais principaux sont bien placés, les lames du collecteur situées à 90°, et sur lesquelles s'appuient les petits balais, sont au même potentiel; par suite le moteur ne reçoit aucun courant. Si les balais principaux se trouvent décalés, les balais secondaires ne sont plus au même potentiel, et le petit moteur reçoit un courant qui le fait tourner jusqu'à ce que le système ait atteint la nouvelle position de calage.

BALANCE ARGYROMÉTRIQUE. — La balance est employée pour régler exactement le poids des dépôts galvaniques. Veut-on recouvrir des couverts d'un poids déterminé d'argent? On les suspend sous le plateau de droite (fig. 89), et l'on met dans celui de gauche d'abord une tare suffisante pour ramener l'équilibre, puis un poids égal à celui de l'argent qu'on veut déposer. Le fléau s'incline à gauche et porte un commutateur qui, dans cette position, ferme le circuit. A mesure que le dépôt s'effectue, le fléau se redresse, et, lorsque l'aiguille revient exactement au zéro, le courant se trouve interrompu; l'opération peut donc se faire en toute sécurité même la nuit et sans aucune surveillance.

BALANCE ÉLECTRIQUE. — Plusieurs physiciens ont appliqué la balance à la mesure de l'intensité des courants. La balance de Becquerel est électromagnétique. Aux deux bras du fléau sont suspendus deux aimants (fig. 90) qui pénètrent dans deux bobines creuses que doit traverser le courant. Si le circuit est rompu, le fléau se tient horizontal; lorsqu'on lance le courant, le sens de l'enroulement du fil sur les bobines est tel que l'un des aimants est attiré et l'autre repoussé. On rétablit l'équilibre en ajoutant des poids marqués, dont la somme est proportionnelle à l'intensité. Il est donc facile de mesurer cette intensité, si l'appareil a été d'abord étalonné.

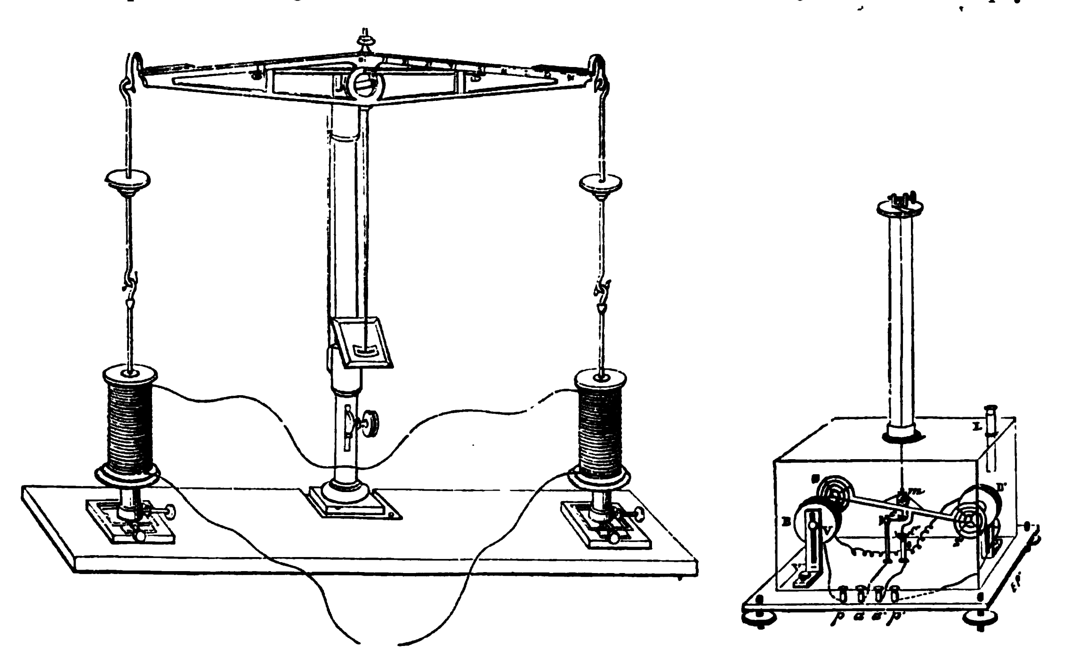


Fig. 90. — Balance électrique de Becquerel.

Fig. 91. — Balance électrique de Lallemand.

M. de Baillehache transforme une balance quelconque en balance électrométrique, en fixant sous l'un des plateaux une lame de fer doux, qu'on équilibre en plaçant un contrepoids sous l'autre plateau. On dispose ensuite au-dessous de la lame, à une distance variable suivant la sensibilité qu'on veut obtenir, un électro-aimant dans lequel on fait passer le courant à mesurer. La même disposition s'applique aux balances romaines.

La balance de M. Lallemand, que nous représentons fig. 91, est électrodynamique. Le fléau tourne autour d'un axe vertical : il est suspendu à un fil métallique et porte à ses extrémités

deux bobines plates, qui, dans la position d'équilibre, viennent se placer en regard de deux autres bobines semblables, mais fixes. Le courant à mesurer traverse les quatre bobines dans un sens tel qu'elles se repoussent deux à deux; on mesure l'intensité en tordant le fil à la partie supérieure, comme on le fait dans la balance de Coulomb, jusqu'à ce qu'on ait ramené les bobines à leur première position.

Il est évident que le sens de l'action électrodynamique ne change pas si l'on renverse le courant dans les quatre bobines : l'appareil peut donc servir pour les courants alternatifs.

BALANCE D'INDUCTION STATIQUE. — Nom donné par M. J.-E.-H. Gordon à une sorte de condensateur employé par lui en 1879 pour la détermination de la *capacité inductive spécifique* des diélectriques. Nous donnons (fig. 92), le

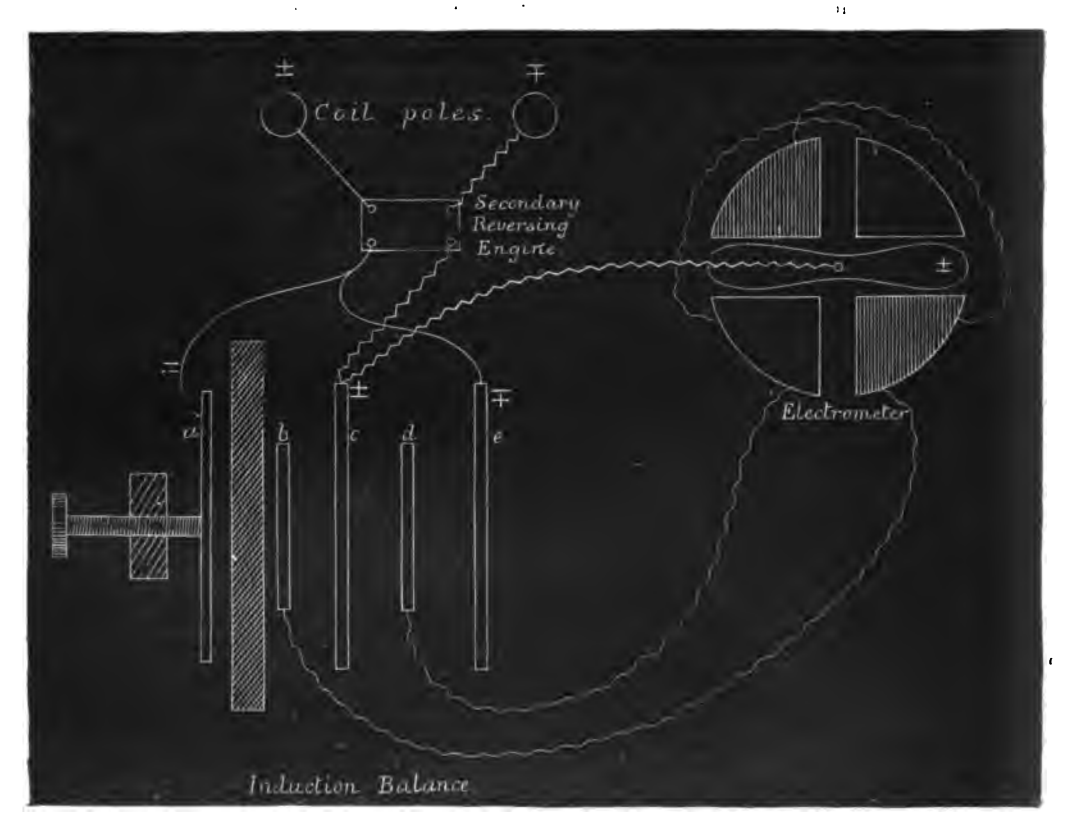


Fig. 92. — Diagramme de la balance d'induction.

Coil poles = Pôles de la bobine. — Secondary Reversing Engine = Inverseur secondaire.

dessin original de cet appareil, qui était composé de cinq plateaux métalliques équidistants *a*,*b*,*c*,*d*,*e*, ayant 15 et 10 centimètres de diamètre. Tous ces plateaux sont isolés, mais les quatre derniers sont fixes, tandis que *a* peut être déplacé parallèlement à lui-même au moyen d'une vis. Les plateaux *a* et *e* d'une part et *c* d'autre part communiquent avec les deux pôles d'une bobine de Ruhmkorff, qui maintient entre eux une différence de potentiel constante, mais dont le signe change très fréquemment (environ 12 000 fois par seconde). Le plateau *c* est en outre relié à l'aiguille d'un électromètre Thomson à quadrants; les plateaux intermédiaires *b* et *d*, qui se chargent seulement par influence, sont réunis aux deux paires de secteurs de cet appareil. S'il n'y a pas de diélectrique, et que les plateaux soient équidistants, l'aiguille de l'électromètre n'est pas déviée. Mais si l'on introduit entre *a* et *b* une lame isolante ayant un pouvoir inducteur plus grand que l'air, l'effet est le même que si on avait rapproché le plateau *a* de *b*, l'influence de *a* sur *b* devient plus grande que celle de *c*, et l'aiguille sera déviée dans le même sens que si l'on avait rapproché *a* de *b*. On éloigne alors le

plateau *a* à l'aide de la vis, jusqu'à ce que l'aiguille soit revenue au zéro, et l'on mesure ce déplacement, soit b. Si e est l'épaisseur du diélectrique et k son pouvoir inducteur, il équivaut à une lame d'air d'épaisseur $\frac{b}{k}$; son action équivaut donc à un rapprochement égal à $b-\frac{b}{k}$; mais, puisqu'il a fallu, pour compenser cette action, éloigner le plateau *a* de δ, on a

$$b-\frac{b}{k}=\delta.$$

Les inversions du courant de la bobine avaient pour but d'empêcher la pénétration de l'électricité dans le diélectrique. Pour éviter plus sûrement ce grave inconvénient, on avait placé à la suite de la bobine un inverseur secondaire qui renversait le courant 30 fois par seconde.

BALANCE D'INDUCTION VOLTAIQUE. — Appareil fondé sur les lois de l'induction et permettant de vérifier l'identité de poids, de composition, etc., de deux objets analogues. Elle a été imaginée par M. Hughes en 1879, et se compose de deux bobines plates *aa'* que traverse le courant de trois éléments Daniell (fig. 93), interrompu à intervalles réguliers par un microphone excité par le tic-tac d'une horloge. Deux bobines *bb'*, placées sur les premières, sont parcourues par des courants induits alternatifs à chaque interruption. Elles sont réunies ensemble et avec un téléphone, et le sens de l'enroulement des fils est tel que les courants induits de *b* et de *b'* soient à chaque instant de sens contraires. Si les deux appareils sont bien égaux, ces courants ont la même intensité et se neutralisent constamment, de sorte qu'on ne perçoit aucun bruit dans le téléphone. Si l'on met dans l'intérieur des doubles bobines deux morceaux de métal identiques, par exemple deux pièces de monnaie neuves, on n'entend encore rien. Mais, s'il existe entre ces pièces la plus petite différence de poids ou de titre, le téléphone rend un son bruyant.

Pour faire des mesures, on se sert du *sonomètre* représenté à la partie supérieure de la figure. Trois bobines *c*,*d*,*e*, sont disposées sur une règle horizontale ; celle du milieu *d* est mobile et placée dans le circuit des bobines *b' b* et du téléphone; les deux autres sont fixes, et peuvent, à l'aide d'un commutateur, être substituées aux bobines *aa'* dans le circuit primaire. Elles sont alors parcourues en sens inverse par le courant et, si la bobine *d* est exactement au milieu, elles y produisent à chaque instant des courants induits égaux et contraires, qui se neutralisent. On n'entend donc aucun son dans le téléphone; mais le téléphone se met à parler, si on déplace la bobine *d* à droite ou à gauche. Pour faire une mesure, on met les deux objets à comparer dans les doubles bobines, et l'on déplace *d* jusqu'à ce qu'en plaçant alternativement dans le circuit les bobines *b b'* et le sonomètre, on ne perçoive aucune différence entre les sons. Le déplacement de la bobine *d* sert de mesure à la différence de propriétés qui existe entre les deux objets considérés.

L'appareil est fort sensible; malheureusement, les doubles bobines n'étant jamais identiques, il est extrêmement difficile d'amener le téléphone au silence complet. Entre autres applications, M. Hughes a proposé d'employer sa balance à la recherche des projectiles dans les blessures. Le téléphone étant silencieux, on approche l'une des doubles bobines de la blessure. Cette méthode a été essayée sans succès sur le président Garfield.

BALANCE DE TORSION. — Appareil à l'aide duquel Coulomb a vérifié, vers 1784, les lois des attractions et des répulsions électriques et magnétiques.

Pour mesurer les actions électriques, Coulomb se servait d'une balance, dont le fléau, mobile autour d'un axe vertical, était formé d'un fil de soie enduit de cire d'Espagne et terminé par un fil de gomme laque; ce levier était suspendu par son milieu à un fil d'argent très bien recuit, de 0,035 millimètre de diamètre et d'environ 85 centimètres de longueur. Le fléau porte à l'extrémité du fil de gomme laque une petite balle de sureau et à l'autre bout un contrepoids. Le fil d'argent est saisi à la partie supérieure dans une pince qui permet de le tordre; un index ou un vernier, fixé à la pince, mesure la torsion sur un cercle gradué. Une boule fixe est portée par un support également terminé par un fil de gomme laque. Dans le modèle représenté (fig. 94), une division, gravée sur le couvercle de verre, permet de mesurer la distance angulaire des deux boules. Le fond est formé d'une glace étamée, qui évite les erreurs de parallaxe.

Pour les actions magnétiques, Coulomb se servait d'une balance analogue, mais l'aiguille mobile était remplacée par un aimant, et la boule fixe par l'un des pôles d'un aimant vertical assez long pour que l'action de l'autre pôle sur le barreau mobile fût négligeable.

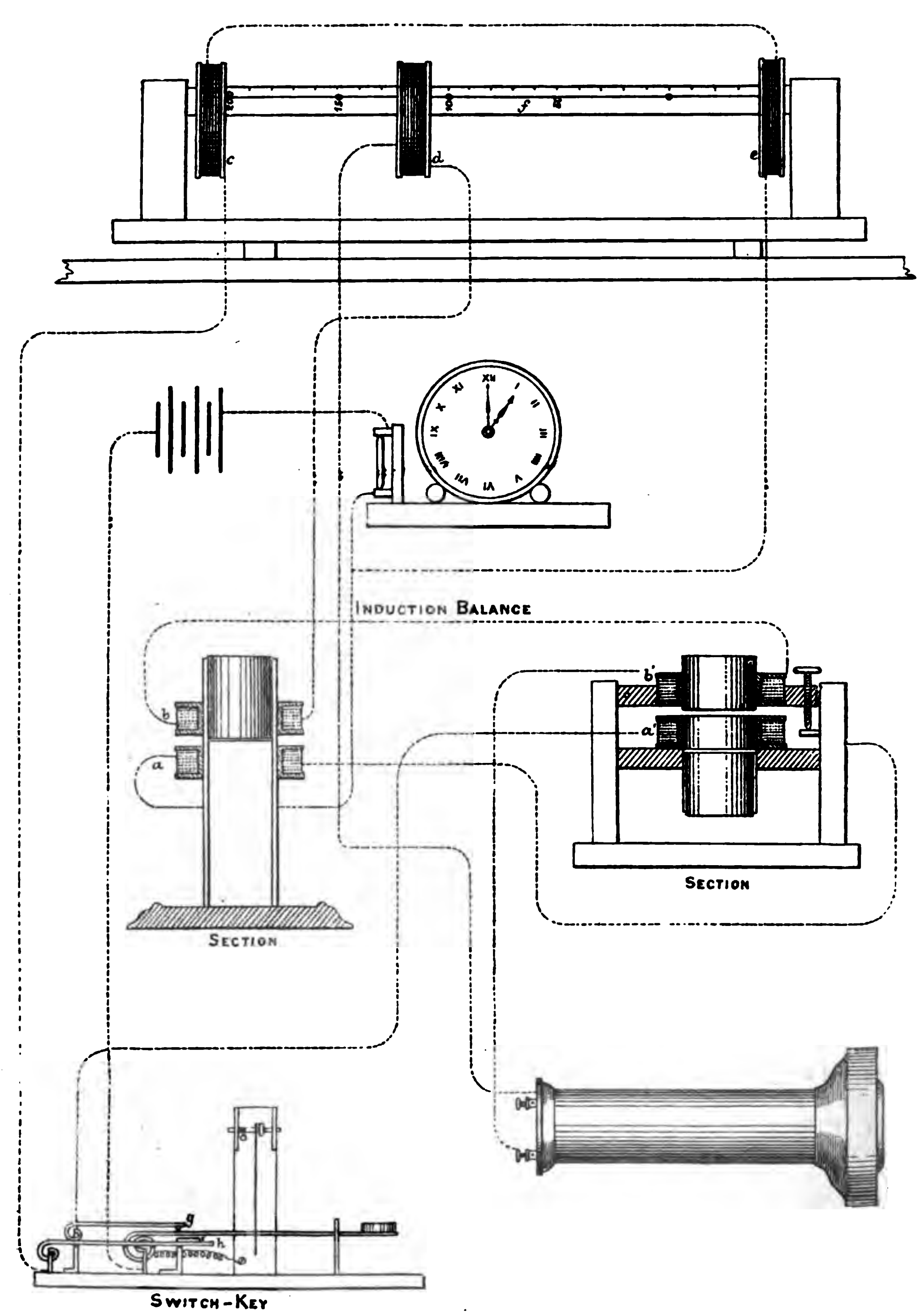


Fig. 93. — Balance d'induction voltaïque.

Switch-Key = Interrupteur.

BARLOW (Roue de). — Petit appareil imaginé par Barlow en 1828, et qui montre la rotation d'un courant sous l'action d'un aimant. Il se compose d'une roue découpée D (fig. 95), qui plonge dans une rainure pleine de mercure; le courant entre par cette rainure, monte suivant le rayon vertical et sort par le centre de la roue et le support SC. Un aimant A entoure la rainure de ses pôles. Supposons le pôle nord en avant, et appliquons la règle d'Ampère; le courant repousserait le pôle nord vers la gauche; mais, l'aimant étant immobile, c'est le courant qui tournera vers la droite, c'est-à-dire de S sur D. De même le pôle sud chasse le courant mobile vers la gauche, c'est-à-dire du même côté, puisque l'observateur d'Ampère s'est retourné.



Fig. 94. — Balance de Coulomb.

La figure montre aussi un appareil de Faraday qui permet de faire la même expérience et d'obtenir une rotation plus rapide. Le disque D est plein et plus grand. L'aimant est vertical et ses pôles entourent le courant mobile. Le courant monte par les branches de l'aimant et sort par la cuve M pleine de mercure.

BARROW (Cercle de). — Voy. Cercle.

BATEAU ÉLECTRIQUE. — Bateau mû par un moteur électrique, actionné lui-même par des piles ou des accumulateurs. Les bateaux électriques ont l'avantage de ne produire ni bruit, ni fumée, ni odeur; le moteur, moins em-

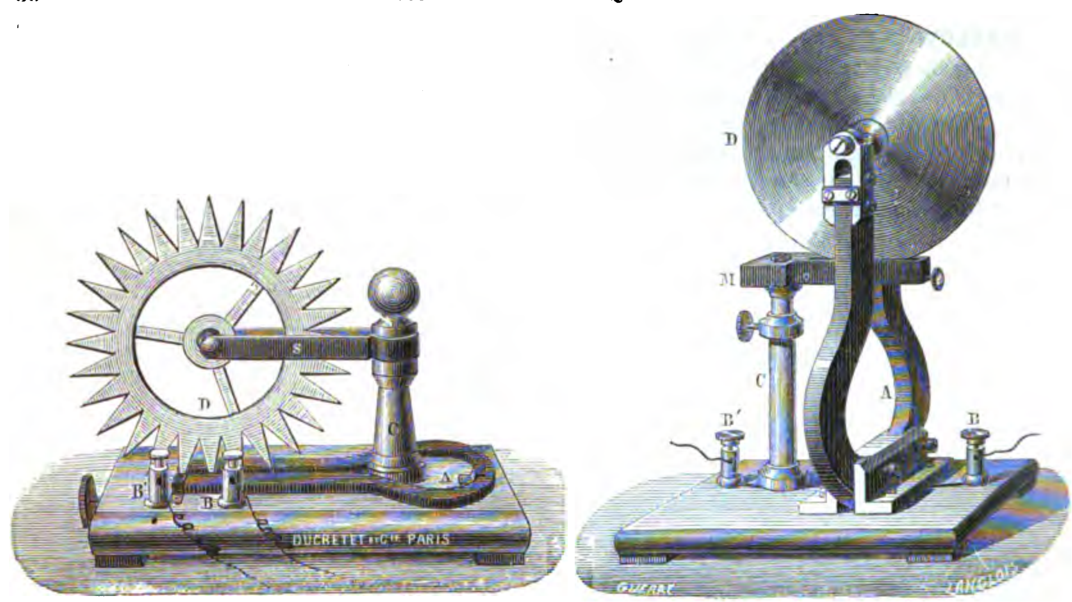


Fig. 95. — Roue de Barlow.

barrassant qu'une machine à vapeur, laisse plus de place pour les passagers. En revanche, ils sont, jusqu'à présent, beaucoup plus coûteux; aussi l'électricité n'a-t-elle été encore essayée que pour les canots de plaisance, ou pour certaines applications de la marine militaire, torpilleurs ou bateaux sous-marins (Voy. TORPILLEUR).

Pour les canots de plaisance, M. Trouvé a donné la préférence aux piles au bichromate à grand débit, qui sont actuellement plus légères que les accumulateurs, et permettent d'accomplir de plus longs trajets, en emportant avec soi une provision de sel chromique, que l'on fait dissoudre, au moment de s'en servir avec de l'eau puisée à la rivière. Les accumulateurs au contraire ne permettraient pas de s'éloigner beaucoup du point de départ à cause de la nécessité de les recharger.

Le moteur est fixé sur la tête du gouvernail (fig. 96); il est réuni à la pile, placée à volonté à l'avant ou au milieu du bateau, à l'aide de deux conducteurs souples assez solides pour servir en même temps à manœuvrer le gouvernail. Le moteur actionne une hélice fixée à la partie inférieure du gouvernail. Il résulte de cette disposition que, dès qu'en tirant sur l'un des conducteurs souples on fait tourner un peu le gouvernail, l'hélice, se déplaçant de la même manière, agit latéralement sur le bateau et aide beaucoup à la rotation; par suite le bateau peut virer très facilement dans un petit espace. L'emploi de ce gouvernail-moteur offre encore un autre avantage : c'est qu'on peut le

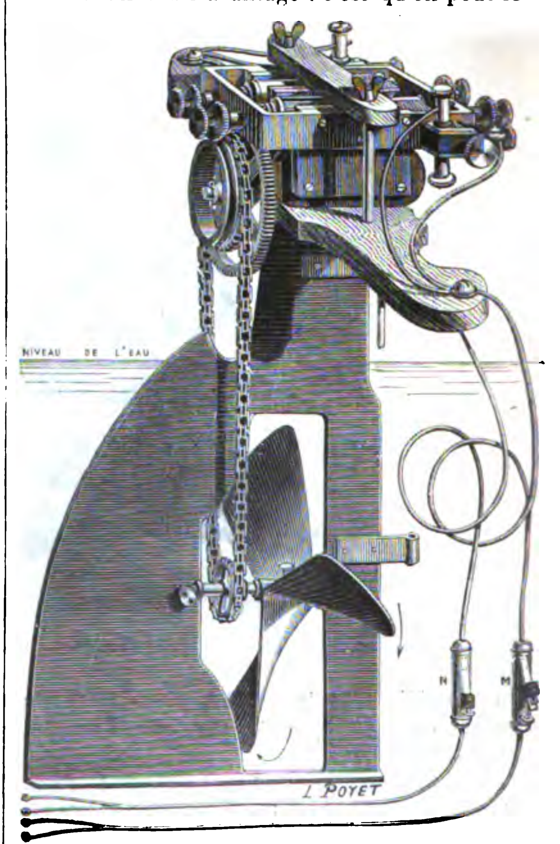


Fig. 96. — Gouvernail moteur-propulseur Trouvé.

placer facilement sur un bateau quelconque

sans rien modifier aux organes déjà existants; de même rien n'est plus simple que d'enlever complètement l'appareil électrique, si l'on veut rendre au bateau son ancien système de locomotion, voile ou avirons. La figure 98 montre l'aspect d'un bateau muni du gouvernail-moteur-propulseur. Les piles au bichromate sont placées au milieu, devant le barreur.

Depuis les premiers essais, qui datent de 1881, M. Trouvé a légèrement modifié son système et remplacé, pour les bateaux plus lourds, le moteur primitif par un petit moteur du genre Gramme, représenté au bas de la figure 97. La bobine induite de ce moteur est formée par un noyau de fer doux, composé d'un ruban très mince en tôle de fer, de 0,2 millimètre d'épaisseur, dont les spires sont séparées par du papier. Les deux électro-aimants constituant les inducteurs entourent concentriquement l'induit; l'espace libre entre les deux parties est aussi réduit que possible, afin de donner au champ magnétique son maximum d'intensité. Un moteur de ce genre pesant 8 kilogrammes donne une force d'un demi-cheval. Cette proportion s'accroît encore avec la puissance, car un moteur de 10 chevaux ne pèse que 100 kilogrammes.

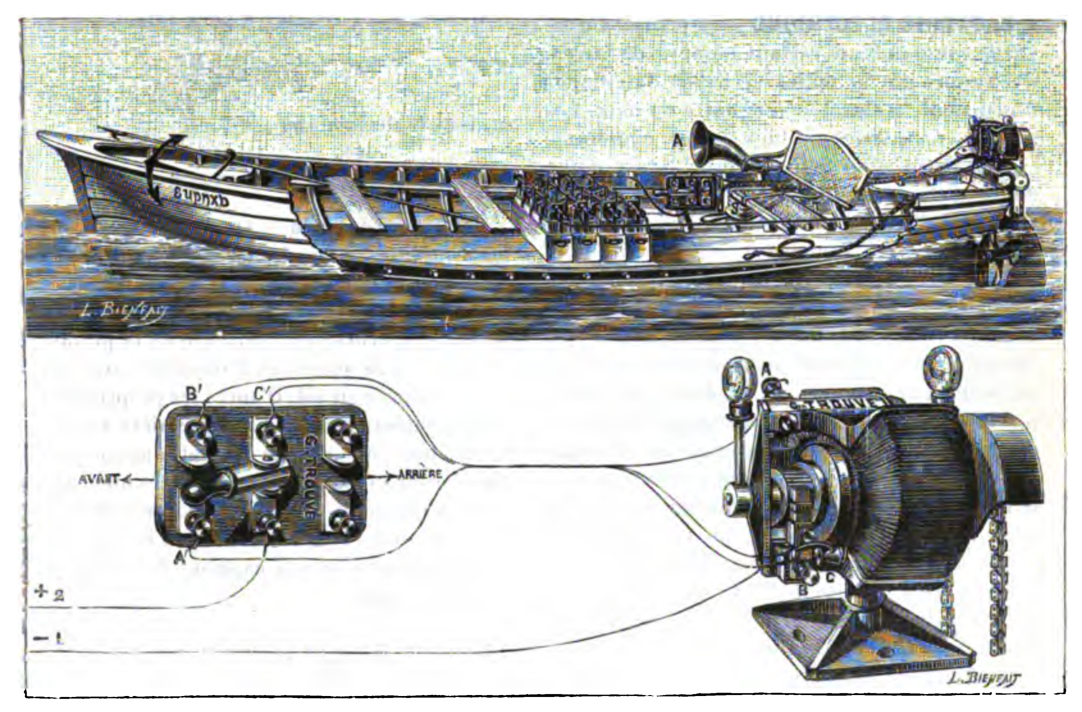


Fig. 97. — Coupe perspective du bateau Ευρηκα, muni du gouvernail et de la sirène Trouvé.

A la droite du barreur est fixé un commutateur, qui permet d'arrêter le canot ou de le faire aller à volonté en avant ou en arrière. Ce petit appareil très simple est formé de six équerres métalliques fixées sur une plaque isolante : celles des extrémités sont reliées aux bornes du moteur et de la pile. Celles du milieu supportent un levier mobile dont l'extrémité peut aller toucher à volonté les équerres d'avant ou d'arrière, ce qui ferme le courant et fait marcher l'embarcation en avant ou en arrière. On voit que le maniement de la manette rappelle celui du levier de mise en train des machines à vapeur.

Pour les rivières peu profondes et encombrées d'herbes pendant une grande partie de la belle saison, on peut se servir d'un propulseur (Voy. ce mot) à augets coniques.

Les accumulateurs furent appliqués à la navigation en 1882 sur la Tamise. Deux machines Siemens, mues par 45 accumulateurs E. P. S., faisaient tourner l'hélice d'un bateau en fer de 7,62 m. de long; ce bateau, appelé *Electricity*, chargé de quatre personnes, atteignait une vitesse de 14480 m. à l'heure en descendant et de 12875 m. en remontant le courant. Un commutateur permettait de faire varier le nombre des accumulateurs en circuit; la

marche en avant et en arrière s'obtenait par l'emploi de deux paires de balais correspondant chacune à un sens du mouvement.

La navigation électrique ferait actuellement, paraît-il, de grands progrès en Angleterre, MM. Immish et Cie louent des bateaux électriques pouvant contenir jusqu'à trente passagers, et mus par des accumulateurs. Ils ont installé aussi des stations flottantes pour recharger les accumulateurs des embarcations particulières.

BATHOMÈTRE. — Instrument imaginé par Siemens et servant à mesurer la profondeur de la mer.

BATTERIE ÉLECTRIQUE. — Appareil formé par la réunion d'un certain nombre de jarres, c'est-à-dire de bouteilles de Leyde de grandes dimensions, ordinairement quatre ou neuf. Les armatures extérieures des jarres communiquent entre elles par l'intermédiaire d'une feuille d'étain qui tapisse l'intérieur de la boîte dans laquelle elles sont placées. Les armatures intérieures sont également reliées ensemble par des tiges de laiton. Une batterie se charge comme une bouteille de Leyde, en faisant communiquer l'armature intérieure avec la machine électrique et l'armature extérieure avec le sol, ou les deux armatures avec les deux pôles d'une machine électrique. Elle se décharge en faisant communiquer les deux armatures par une tige métallique soigneusement isolée (excitateur à manches de verre). Si l'on veut faire passer la décharge dans un appareil, on le réunit d'avance à l'armature extérieure de la batterie, et l'on établit ensuite, à l'aide de l'excitateur, la communication de l'autre extrémité avec l'armature intérieure.

La décharge des batteries produit des effets très puissants : elle peut fondre un fil de fer, volatiliser une feuille d'or, percer une plaque de verre, etc.

Capacité et énergie d'une batterie en surface. — Le mode de disposition précédent est le plus fréquent; la batterie est alors dite montée *en surface.* Il est évident que la capacité totale C est égale à la somme des capacités $C_1, C_2, C_3, \ldots$, de toutes les bouteilles. En effet, supposons qu'on charge séparément toutes les bouteilles à l'aide d'une même machine au même potentiel V; elles auront des charges.

$$C_1V, \quad C_2V, \quad C_3V, \quad \ldots..$$

Si on les réunit ensuite en surface, la charge totale n'aura pas changé, d'après le principe de la conservation de l'électricité. Elle sera donc

$$M = C_1V + C_2V + C_3V + \ldots = (C_1 + C_2 + C_3 + \ldots)V$$

D'autre part, le potentiel V n'a pas été modifié par l'établissement des communications, puisqu'il était le même sur toutes les bouteilles. La capacité est donc représentée par le terme $C_1 + C_2 + C_3 + \ldots = C$.

En particulier, si on a n bouteilles identiques de capacité c.

$$C = nc.$$

La batterie en surface équivaut donc à une bouteille de surface n fois plus grande.

L'énergie du système a pour valeur

$$W = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}\frac{M^2}{C},$$

et dans le dernier cas

$$W = \frac{1}{2}ncV^2 = \frac{M^2}{2nc}.$$

Batterie en cascade. — Quelquefois on dispose les bouteilles d'une batterie d'une autre manière; on réunit l'armature extérieure de chaque bouteille avec l'armature intérieure de la suivante. L'armature intérieure de la première est reliée à la machine, l'armature extérieure de la dernière au sol. D'après les propriétés des condensateurs fermés, si la première reçoit de la machine une charge $+m$, elle attire par influence sur son armature extérieure une charge $-m$ et repousse $+m$ sur l'armature intérieure de la seconde bouteille, et ainsi de suite.

On démontre que la capacité de ce système est donnée par

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \ldots..$$

d'où l'on tire, dans le cas de n bouteilles identiques de capacité c,

$$C = \frac{c}{n},$$

et pour l'énergie

$$W = \frac{1}{2}\frac{CV^2}{n} = \frac{nM^2}{2c}.$$

Cette disposition est désavantageuse quand on dispose d'une source à potentiel constant, car elle équivaut alors à une bouteille unique n fois plus petite. Elle est avantageuse seulement lorsqu'on dispose d'un potentiel élevé, que chaque bouteille ne supporterait pas isolément sans se briser; on le partage ainsi entre les bouteilles successives.

Batterie secondaire ou voltaïque. — Réunion

d'un certain nombre d'éléments de piles secondaires ou de piles voltaïques.

BATTEUR DE MESURE. — Appareil destiné à transmettre les indications relatives à la mesure aux exécutants qui ne peuvent voir le chef d'orchestre, par exemple aux chœurs placés dans les coulisses d'un théâtre. Les premiers essais furent faits vers 1855; mais ces instruments avaient l'inconvénient ou bien d'indiquer de la même manière tous les temps de la mesure, ou bien d'indiquer seulement le premier. Nous décrirons seulement deux batteurs plus récents.

Celui de M. Samuel est formé d'une petite baguette qui peut se mouvoir à volonté en haut, en bas, à droite ou à gauche, suivant qu'elle est attirée par l'un des quatre électro-aimants placés autour d'elle dans ces directions. Des ressorts antagonistes la ramènent aussitôt à sa position d'équilibre. Le chef d'orchestre, à l'aide d'un clavier à quatre touches placé sous sa main gauche, envoie alternativement le courant dans les électro-aimants convenables.

L'appareil de M. Carpentier est recouvert d'une planchette noircie, dans laquelle on a pratiqué deux fentes inclinées formant un V; dans chacune de ces fentes est placée une règle carrée, blanche sur une face, noire sur une autre, et pouvant tourner sous l'action du courant, de manière à présenter tantôt la face blanche, tantôt la face noire. Grâce à une illusion d'optique, on croit voir une baguette blanche battant la mesure d'une fente à l'autre. Chaque règle porte, vers le sommet du V, une poulie sur laquelle s'enroule une cordelette, fixée par l'un de ses bouts à un ressort, par l'autre à l'armature d'un électro-aimant. Quand le circuit est interrompu, l'une des règles présente la face blanche, l'autre la face noire. Quand le courant passe, l'armature de l'électro-aimant est attirée, et chaque règle fait un quart de tour, de sorte que la règle qui était blanche devient noire et réciproquement; lorsqu'il ne passe plus, les ressorts ramènent les règles à leur première position. Le chef d'orchestre produit les interruptions et les fermetures du circuit en appuyant sur une pédale; il a devant lui, audessous de la partition, un appareil identique au premier, mais plus petit, et intercalé dans le même circuit, pour vérifier les indications de celui qui est dans les coulisses.

BIFILAIRE (SUSPENSION). — Suspension formée de deux fils de soie sans torsion, parallèles ou légèrement rapprochés vers le bas (fig. 98), et destinée à porter une aiguille électrisée (électromètre), une bobine (électro-dynamomètre)

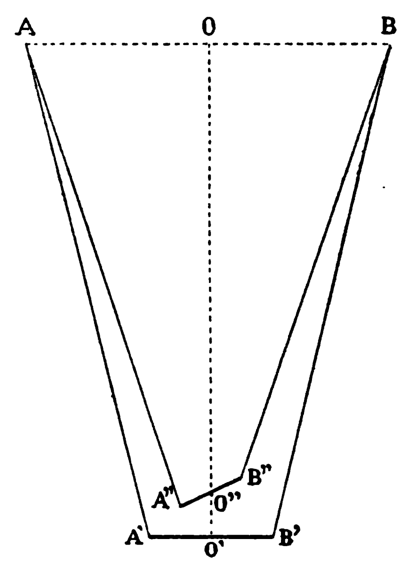


Fig. 98. — Suspension bifilaire.

ou quelquefois un aimant (mesure des moments magnétiques). Lorsque l'appareil est en équilibre, les deux fils sont dans un même plan vertical; s'il s'agit d'un aimant, ce plan doit coïncider avec le méridien magnétique. Si l'on soumet l'appareil à une force électrique qui l'écarte de sa position d'équilibre, les deux fils tournent autour des points d'attache A et B; l'aiguille A' B' se déplace d'un certain angle, en s'élevant d'une très petite quantité, et vient en A"B". La rotation s'arrête lorsque la force de torsion du bifilaire fait équilibre à l'action électrique ou magnétique. On démontre que cette force de torsion a pour expression

$$p\frac{ab}{l}\sin\alpha,$$

p étant le poids de l'aiguille, l, a et b les longueurs AA', AB et A"B'.

On voit qu'une suspension bifilaire peut remplacer un fil métallique fin; cette suspension a l'avantage de ramener toujours l'aiguille sensiblement au zéro quand elle n'est plus électrisée, tandis qu'avec les fils métalliques fins, la position d'équilibre change sans cesse. Mais ici la force de torsion est proportionnelle au sinus et non plus à l'angle lui-même, ce qui est moins commode; par suite on ne peut employer des torsions supérieures à 90°. Dans les électromètres, on se contente ordinairement de produire de très petites déviations, et l'on peut alors ad-

mettre que la force de torsion est proportionnelle à l'angle lui-même.

Les suspensions bifilaires sont faites d'un fil de cocon attaché à l'aiguille par ses deux bouts et passant à la partie supérieure sur une poulie; on peut aussi le fixer à la partie supérieure sur un treuil qui permet de faire varier la longueur; l'aiguille est munie d'un crochet qui s'attache à la boucle inférieure. On modifie facilement la sensibilité en faisant varier les distances *a* et *b*. L'électrodynamomètre de Weber (Voy. ce mot) présente une suspension bifilaire.

BIJOUX ÉLECTRIQUES.

Bijoux animés. — M. Trouvé a construit des bijoux dans lesquels l'électricité est employée pour produire à volonté certains mouvements périodiques. Un oiseau placé dans les cheveux se met à battre des ailes (fig. 99), une tête de mort servant d'épingle de cravate commence à grincer des dents et à rouler des yeux étincelants, lorsque la personne qui porte ces bijoux y fait passer le courant d'une petite pile placée dans la

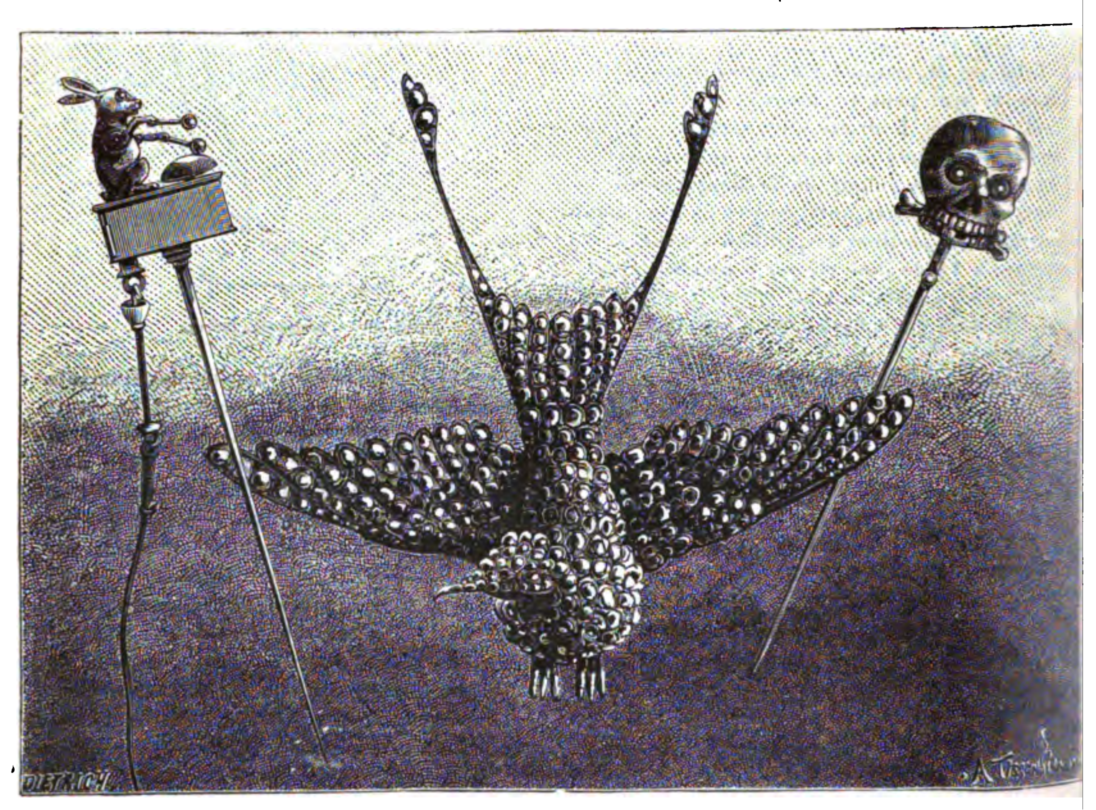


Fig. 99. — Bijoux animés.

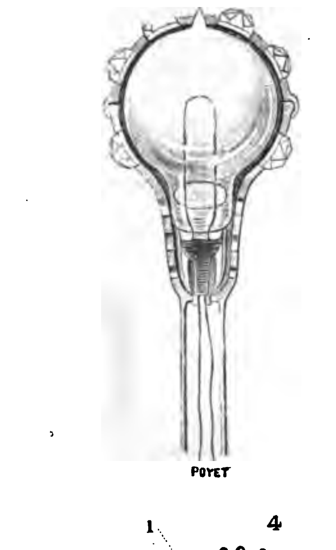
poche. La pile qui sert à cet usage est celle que nous décrivons ci-dessous.

Bijoux lumineux. — Plusieurs inventeurs, notamment M. Trouvé, ont appliqué les lampes électriques à l'éclairage des bijoux. Une petite lampe à incandescence à filament de charbon, dont les dimensions peuvent être très réduites, est entourée de prismes de diverses couleurs, taillés à facettes, de manière à produire sur les rayons lumineux qui les traversent des jeux de lumière du plus bel effet.

La figure 100 représente, en grandeur d'exécution, une épingle à cheveux lumineuse avec sa pile. De la petite lampe partent deux fils qui se dissimulent dans les cheveux et les vêtements, et vont rejoindre la pile destinée à alimenter le petit appareil. Cette pile est assez petite pour qu'on puisse la cacher facilement dans la poche. Elle est formée de très petits éléments au bichromate de potasse, contenus dans une auge d'ébonite à trois compartiments, qui est remplie aux deux tiers de la solution. Les plaques de zinc et de charbon sont fixées au couvercle, qui est également en ébonite et constitue, avec une feuille de caoutchouc, une fermeture parfaitement étanche. Le tout est

disposé dans une enveloppe double, en caoutchou durci, dont les deux parties rentrent l'une dans l'autre à la manière d'un porte-cigares. Deux boutons recoivent les conducteurs.

Un petit interrupteur placé dans le circuit permet d'illuminer à volonté les bijoux. Il est formé d'un bâtonnet en métal terminé par deux arrêts, et coupé en deux parties inégales par une section en ivoire. Les deux extrémités communiquent avec les deux pôles. Un petit manchon métallique glisse sur le bâtonnet; lorsqu'il est à une extrémité, et qu'il laisse à découvert la rondelle d'ivoire, le circuit est ouvert. Si on le pousse vers l'autre bout, il cache la rondelle, réunit les deux parties métalliques et établit le courant. Ce commutateur, long de quelques centimètres, n'est pas plus gros que l'une des branches d'une fourchette.



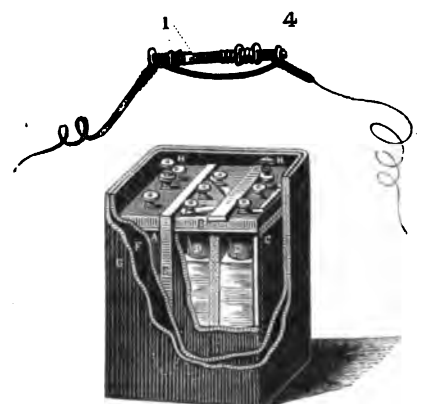


Fig. 100. — Epingle lumineuse et sa pile.



Fig. 101. — Danseuse parée de bijoux lumineux.

La durée de l'éclairage varie avec les dimensions de la pile. Le modèle représenté peut fonctionner vingt ou vingt-cinq minutes consécutives; un autre modèle, plus volumineux, peut donner de la lumière pendant une heure environ. Nous n'avons pas besoin d'ajouter qu'on pourrait remplacer la pile par un petit accumulateur qu'on chargerait d'avance.

Les bijoux lumineux peuvent recevoir les formes les plus variées. C'est au théâtre que, jusqu'à présent, ils ont été le plus employés. La figure 101 représente une danseuse ornée de ces bijoux.

BLANCHIMENT ÉLECTRIQUE. — M. Hermite a imaginé un procédé de blanchiment fondé sur l'électrolyse d'une solution de chlorure de magnésium; les électrodes, qui sont en zinc, restent inattaquées; le chlorure est régénéré : la seule dépense est donc celle que nécessite le courant. La matière qu'on veut blanchir est

placée dans le bain qu'on agite constamment.

L'auteur explique la réaction de la manière suivante : l'électrolyse simultanée de l'eau et du chlorure de magnésium donne à l'électrode négative de l'hydrogène et du magnésium : ce dernier y décompose l'eau en formant de la magnésie et de l'hydrogène qui se dégage avec le premier. Le chlore et l'oxygène qui se portent à l'électrode positive se combinent en acide hypochlorique qui, en présence de la magnésie, forme du chlorite et du chlorate de magnésie. Ces deux sels sont électrolysés à leur tour, et leurs acides, mis en liberté, cèdent de l'oxygène à la matière organique et donnent de l'acide chlorhydrique, qui attaque la magnésie pour régénérer le chlorure de magnésium. Le liquide arrive dans chaque électrolyseur (fig. 102) par un tube percé de trous situé à la partie inférieure et sort par une gouttière qui l'entoure. Les électrodes négatives sont des disques de zinc réunis en quantité et montés sur deux arbres qui tournent lentement. Entre chaque paire de disques sont placées les anodes, formées par de la toile de platine tendue sur un cadre d'ébonite, et reliées par des lames de plomb à une barre de cuivre, disposée au-dessus de la cuve. Une anode est représentée à part. La figure 103 montre l'installation du procédé Hermite dans une papeterie; A est une cuve qui distribue le liquide aux électrolyseurs B, actionnés par une dynamo C. Le liquide se rend ensuite par le conduit D à la pile blanchisseuse E, d'où le tambour F l'envoie dans la cuve G; puis la pompe centrifuge H le remonte

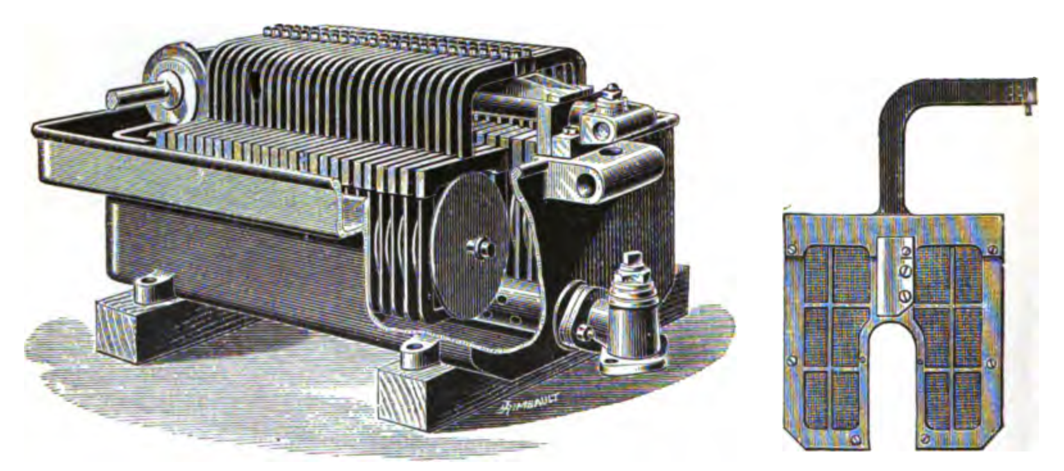


Fig. 102. — Appareil de blanchiment électro-chimique (Paterson et Cooper).

dans la cuve A. J et I représentent le pressepâte et sa cuve; la pompe K ramène à la cuve A le liquide provenant de cet appareil.

M. Stépanoff a imaginé récemment un procédé de blanchiment électrolytique un peu différent. Au lieu du chlorure de magnésium, très rare en Russie, il prend une solution de sel marin. Une pompe hydraulique refoule ce liquide dans des électrolyseurs, où il est soumis à l'action du courant d'une dynamo. L'électrolyseur est formé d'une caisse partagée en dix compartiments, qui communiquent entre eux et qui renferment les électrodes en platine et en plomb. La dissolution peut être amenée à contenir 1,6 p. 100 de chlore; mais, en raison des conditions économiques, il est préférable de s'arrêter à 0,7 p. 100.

BLOCK-CIBLE. — Appareil servant à préserver les marqueurs dans les tirs, comme le block-system a pour effet de protéger les trains; de là son nom. Le marqueur est enfermé dans un abri, qu'il ne peut ouvrir que si le tir est interdit. Pour cela, il est en communication avec les tireurs par des sonneries indépendantes du block-cible, et n'exigeant qu'un seul fil de ligne. Lorsqu'il veut sortir, il avertit les tireurs par un double coup de sonnette : ceux-ci répondent par un seul coup, après avoir agi sur une boîte d'enclenchement qui fait apparaître un voyant rouge empêchant le tir, et dans l'abri un voyant blanc; le marqueur est ainsi doublement averti qu'il peut sortir; il n'a plus qu'à agir sur la boîte d'enclenchement qui commande la porte de l'abri. S'il essayait d'ouvrir sa porte sans prévenir les tireurs, le mécanisme ne pourrait pas obéir.

BLOCK-SYSTEM. — Système d'exploitation des chemins de fer qui consiste à diviser la voie

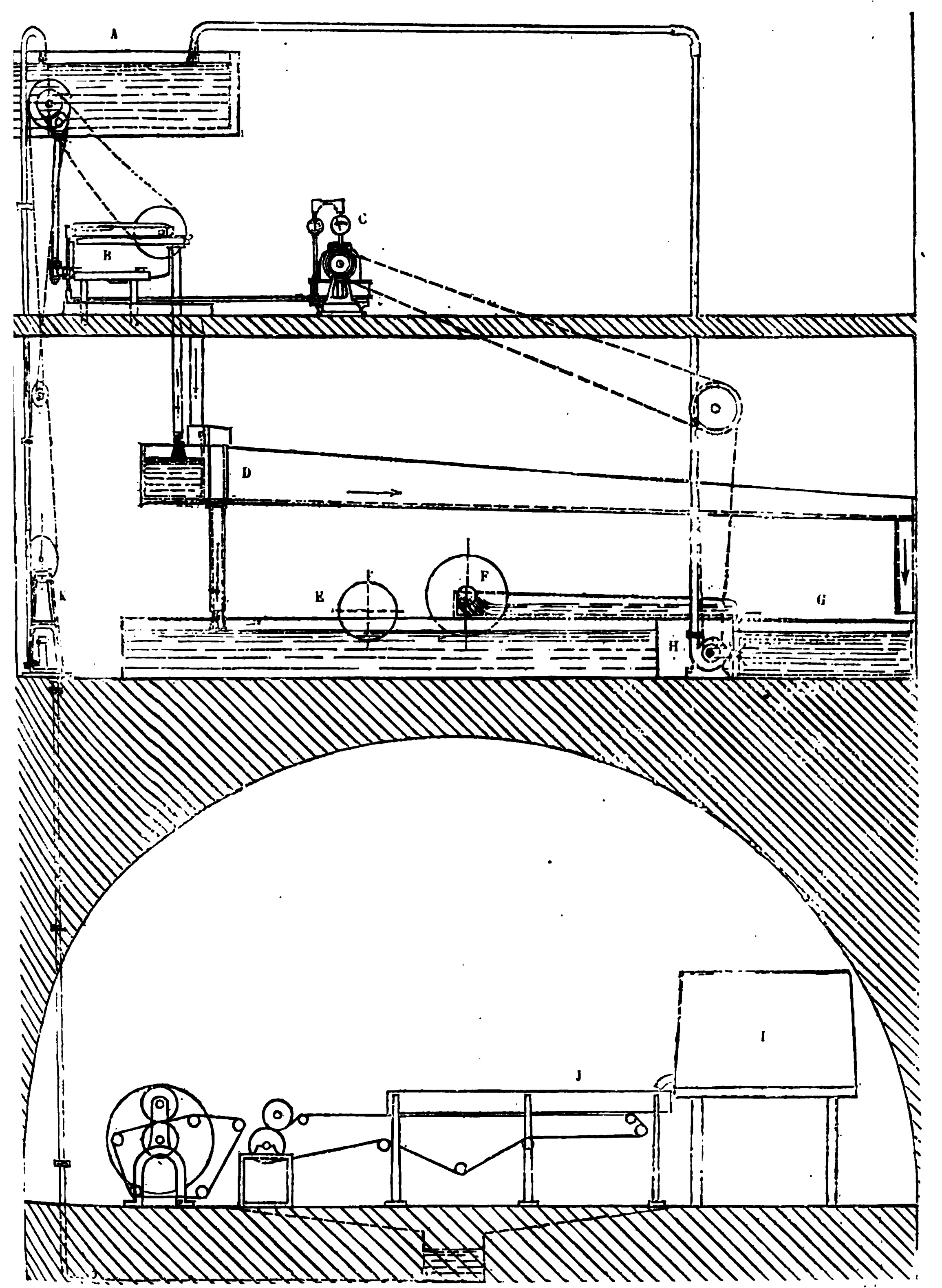


Fig. 103. — Installation du procédé Hermite dans une papeterie.

en un certain nombre de sections, et à ne laisser entrer un train dans une section que lorsqu'on est sûr que le train précédent en est sorti. Une section qui contient un train est dite *bloquée*. Le block-system a donc pour but de remplacer l'intervalle de temps qui sépare deux trains par un intervalle de distance, ce qui permet de faire passer un plus grand nombre de trains dans le même temps, tout en donnant la sécurité indispensable. Le block-system n'est appliqué que sur les lignes où la circulation est assez active; il n'existe donc pas en général sur les lignes à voie unique. Il a été imaginé par Cooke en 1842, et réalisé d'abord au moyen de disques destinés à arrêter les trains, et de communications télégraphiques entre les agents chargés de manœuvrer ces disques. Le block-system peut être appliqué de deux manières différentes. En Angleterre on se sert surtout du système à *voie fermée*, et dans les autres pays on préfère ordinairement le système à *voie ouverte*.

Block-system à voie fermée. — Dans ce système, la voie est normalement fermée par des signaux d'arrêt absolu, et chaque poste n'ouvre la section qu'il commande, pour laisser un train s'y engager, qu'après s'être assuré qu'elle est libre. Soient par exemple trois postes A, B, C, limitant deux sections consécutives de la voie. Lorsqu'un train pénètre en A dans la section AB, que nous supposons libre, le poste A avertit le poste B; celui-ci demande à C si la voie est libre. S'il reçoit une réponse affirmative, il ouvre la voie; puis, lorsqu'il a vu le train entrer dans la section BC, il la referme pour le couvrir et avertit le poste A que la section AB est redevenue libre. Celui-ci maintient cependant la voie fermée, et ne l'ouvre à l'approche d'un second train qu'après avoir de nouveau interrogé le poste B.

Chaque poste doit donc posséder un signal d'arrêt absolu, et un appareil électrique lui permettant de communiquer avec le poste précédent et avec le suivant, et d'en recevoir une réponse.

Block-system à voie ouverte. — Le système précédent peut évidemment être simplifié sans grand danger, en n'obligeant pas chaque poste à recevoir deux avis du poste suivant. En effet, lorsque le poste A a reçu de B l'avis que la section est libre, le train qui vient de passer s'étant engagé dans la section BC, il peut sans inconvénient rouvrir la voie, qui reste ainsi normalement libre. Un second train se présentant ensuite en A, ce poste le couvre en fermant la voie et avertit le poste précédent; en même temps il prévient généralement le poste B du passage prochain de ce train, mais cette condition n'est pas indispensable. De même, lorsque le train arrive en B, ce poste ferme la voie derrière lui, et débloque la section AB en prévenant A, qui rouvre la voie; en outre, il avertit généralement le poste C. On voit que ce système est plus simple et donne généralement une sécurité suffisante.

Remarquons cependant que, dans ce système, la voie n'étant fermée que par exception, il importe que, si ce fait se présente, le mécanicien qui conduit un train en soit averti avec le plus grand soin. Aussi double-t-on le nombre des signaux d'arrêt. Chaque poste possède un signal d'arrêt absolu, disque ou électro-sémaphore, placé au poste même, et un disque avancé placé à une certaine distance en avant, et manœuvré du poste même. Le mécanicien est ainsi averti deux fois.

De plus, il est évident que chaque poste doit posséder en double l'installation complète, d'une part pour les trains descendants, d'autre part pour les trains montants. Enfin les postes placés aux bifurcations, aux gares, en tout point où se croisent un certain nombre de lignes présentent des installations plus complètes que nous n'indiquerons pas.

Divers modes de block-system. — En réalité, l'interdiction de pénétrer dans une section bloquée ne peut jamais être absolue, ce qui empêcherait même d'aller au secours d'un train en détresse. Il suffit qu'en laissant entrer un train dans cette section on l'avertisse qu'elle est bloquée. De là deux modes d'exploitation : dans l'un (block-system absolu) on ne laisse pénétrer le train dans la section bloquée que s'il s'est écoulé un certain temps depuis l'entrée du premier; dans l'autre (block-system permissif), l'entrée d'une section bloquée est toujours permise, et l'on se contente de prévenir le mécanicien par un signal conventionnel.

A l'origine, les signaux optiques s'adressant au mécanicien étaient manœuvrés à la main, et les appareils électriques, analogues à des télégraphes très simples, permettaient seulement aux agents des postes voisins de se transmettre les renseignements relatifs au passage des trains; c'est le *block simple*. MM. Siemens et Halske ont cherché les premiers à faire effectuer la manœuvre des signaux optiques par les appareils électriques, de manière à éviter les suites d'un oubli ou d'une négligence des gardes (*block and interlocking-system*). Enfin certains inventeurs cherchent à faire effectuer toutes les manœuvres par les trains au moment

où ils passent d'une section dans l'autre. Ce système de *block automatique* n'est pas encore entré sérieusement dans la pratique.

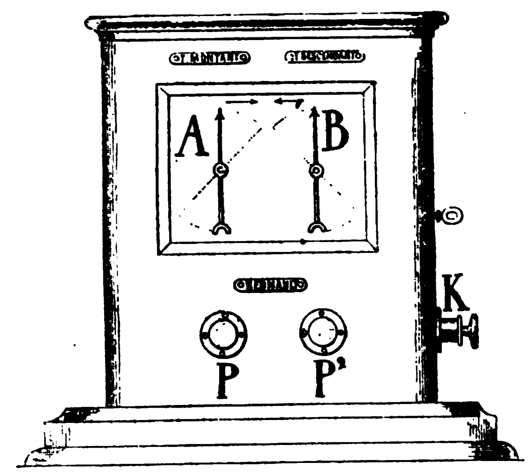


Fig. 104. — Vue extérieure d'un indicateur Regnault.

Appareil Regnault. — L'appareil Regnault, employé par la compagnie de l'Ouest, est un exemple de block simple; les signaux optiques étaient d'abord indépendants des appareils électriques.

Dans ce système, chaque poste intermédiaire possède deux appareils semblables à celui de la figure 104, reliés l'un au poste de gauche, l'autre à celui de droite; le premier sert pour les deux voies de la section de gauche, l'autre pour les deux voies de celle de droite. Les postes terminus n'en ont qu'un. Chaque appareil porte deux aiguilles A et B, verticales au repos, et pouvant s'incliner d'un angle notable dans le sens de la marche du train : l'une A annonce au poste qu'un train a pénétré dans la section précédente; c'est l'*aiguille indicatrice;* l'autre, qui est l'*aiguille réceptrice*, fait savoir que le signal envoyé au poste suivant a été reçu. L'appareil porte en outre deux boutons ou poussoirs PP' destinés, l'un à lancer le courant pour avertir le poste suivant qu'un train est entré dans la section intermédiaire, l'autre pour débloquer la section précédente en ramenant au zéro l'aiguille indicatrice de l'appareil et celle du poste précédent, et un bouton latéral K dont nous verrons plus loin l'usage.

Considérons deux postes successifs (fig. 105),

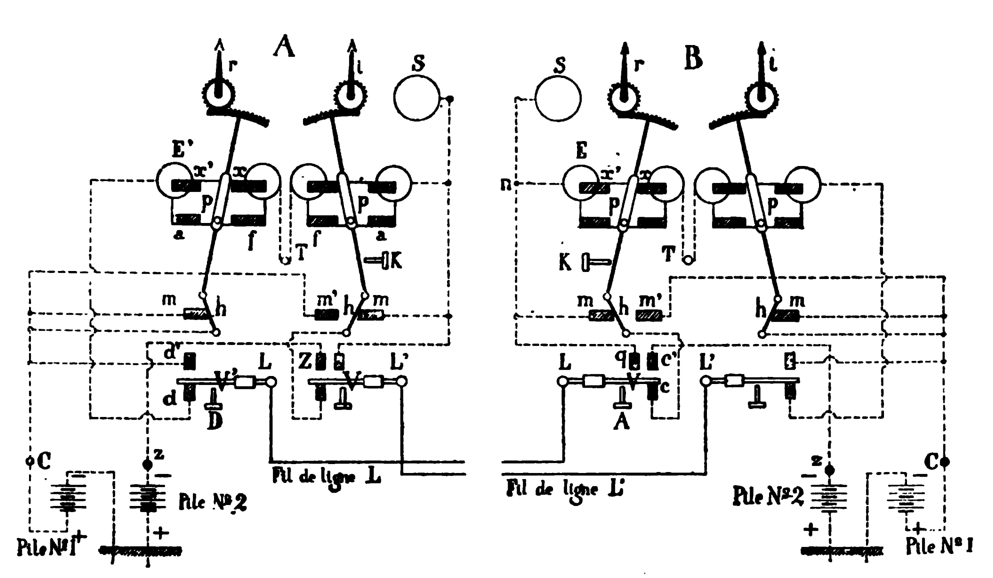


Fig. 105. — Schéma de deux appareils Regnault en correspondance. (D'après un dessin communiqué par M. G. Dumont.)

et voyons comment se fait cette transmission de signaux. CC, ZZ représentent les pôles positifs et négatifs des piles, reliées à la terre d'autre part. Chaque aiguille *i* ou *r* est fixée à un pignon denté, qui engrène avec un secteur placé à l'extrémité d'une palette de fer doux *p*. Cette palette est fixée par son pivot à un aimant *af* qui agit sur elle par influence; cet aimant se relève verticalement et porte un électro-aimant E ou E', à deux bobines horizontales, et deux petites pièces *x x'*, qui sont aimantées de signes contraires. Au repos, la palette s'appuie sur la pièce dont l'aimantation est contraire à la sienne.

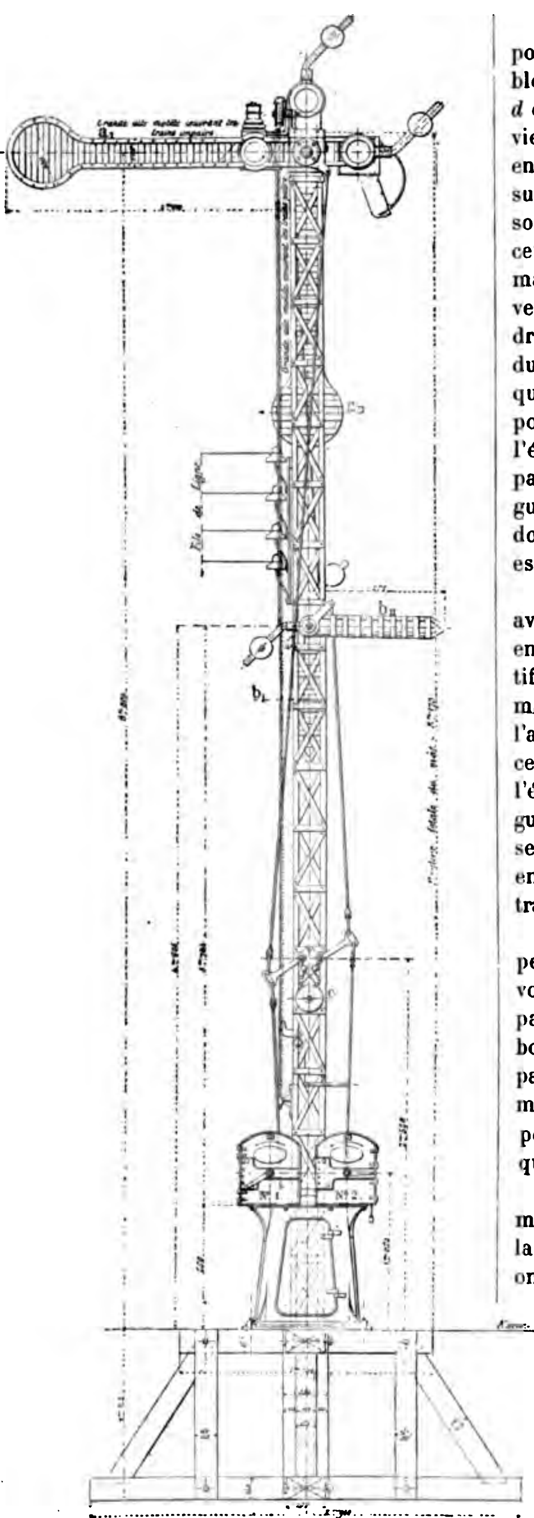


Fig. 106. — Electro-sémaphore, système Lartigue. (D'après un dessin communiqué par M. G. Dumont.)

Lorsqu'un train passe en A allant vers B, le poste A manœuvre les signaux optiques pour bloquer la section AB, puis il pousse le bouton *d* qui met en contact la borne *d'* avec le levier V' et ferme le circuit de la pile n° 1, qui envoie un courant positif par le fil de ligne L suivant C*d'*V'LV*chmn*. Là, il se divise entre la sonnerie S et l'électro-aimant E; en traversant cet électro, il change la polarité des pièces aimantées, de sorte que la palette *p* est attirée vers *x'* et l'aiguille indicatrice *r* s'incline vers la droite, c'est-à-dire dans le sens de la marche du train. Ce mouvement ferme le contact *hm'*, qui permet au courant positif de la pile n° 1 du poste B de traverser C*m'hc*VLV'*d* et d'arriver à l'électro E', dont la palette *p* est alors attirée par *x'*, ce qui fait tourner vers la droite l'aiguille réceptrice *r* de A. L'agent du poste A est donc assuré automatiquement que celui de B est prévenu.

Lorsque le train passe en B, le garde, après avoir bloqué la section suivante, débloque AB en appuyant sur le bouton A. Le courant négatif de *z* traverse alors *zc'*VLV'*d* et polarise l'armature de E' en sens contraire, ce qui ramène l'aiguille réceptrice au zéro; une dérivation de ce courant, passant en *zc'*V*qn*, et de là dans l'électro-aimant E, agit de même et ramène l'aiguille indicatrice au repos. Les deux aiguilles *i* servent à établir les communicatious analogues entre B et A pour un train allant en sens contraire.

Le bouton K, placé sur le côté de l'appareil, permet d'informer le poste précédent que la voie est occupée, pour l'empêcher de laisser passer les trains. Si l'on pousse en effet ce bouton au poste B, on déplace directement la palette *p*, et l'on établit le contact *hm'*, qui permet, comme plus haut, au courant positif de ce poste d'aller actionner l'aiguille réceptrice de A, qui est ainsi averti que la section AB est occupée.

Ajoutons enfin que l'appareil Regnault a été modifié pour mettre les signaux optiques dans la dépendance des appareils électriques, comme on le fait dans le *block and interlocking system.* Nous ne décrirons pas cette nouvelle disposition, qui contient d'ailleurs les mêmes pièces essentielles.

Électro-sémaphores Lartigue. — Les électro-sémaphores du système Lartigue appartiennent au block and interlocking system, c est-à-dire que les signaux optiques sont dans la dépendance des appareils électriques. Ils sont employés dans les compagnies du Nord et de l'Est; la

compagnie d'Orléans a également adopté ce système, mais après l'avoir modifié.

Chaque poste intermédiaire possède un électro-sémaphore (fig. 106) formé d'un mât en fer de 6, 8 ou 12 mètres de hauteur, portant à la partie supérieure deux grandes ailes rouges a_1 et a_2, et vers le milieu deux petites ailes jaunes b_1 et b_2. Les premières s'adressent aux trains circulant sur les deux voies; le mécanicien qui voit à la gauche du poteau une aile rouge étendue horizontalement est averti que la voie est fermée. Pour éviter toute confusion, l'autre face de l'aile est peinte en blanc; elle n'a aucune signification. Les ailes jaunes servent seulement à avertir l'agent du poste qu'un train est entré dans la section précédente; il y en a une pour chaque voie. Une lanterne, munie de réflecteurs, sert à éclairer pendant la nuit les ailes a et b. L'arrêt est indiqué par un double feu rouge et vert.

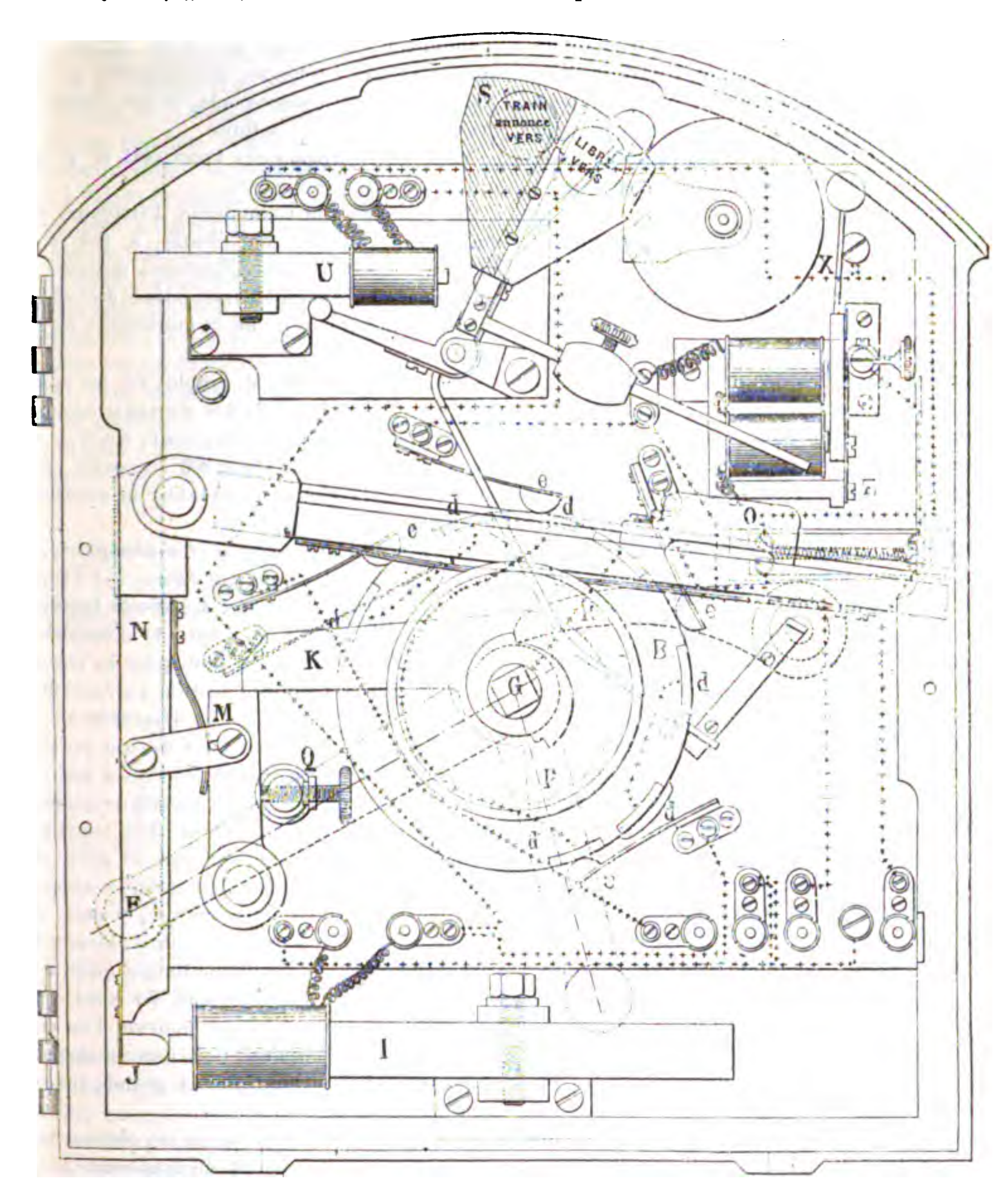


Fig. 107. — Vue intérieure de l'appareil n° 1, porte et croisillons enlevés : grande aile apparente ; appareil enclenché. (D'après un dessin communiqué par M. G. Dumont.)

Lorsqu'un train franchit un poste, le garde

met à l'arrêt l'aile rouge correspondante, pour bloquer la section. Cette opération se fait à l'aide d'une série de leviers qui commandent les ailes *a*, sans que l'électricité intervienne; mais la même manœuvre fait apparaître au poste suivant l'aile jaune indiquant au garde qu'un train est entré dans la section. Une fois l'aile rouge mise à l'arrêt, le premier poste ne peut plus enlever ce signal; le deuxième poste seul peut débloquer la section et faire tomber l'aile rouge du poste précédent ainsi que sa propre aile jaune, en lançant un courant lorsque le train a quitté la section considérée pour entrer dans la suivante.

Pour faire ces manœuvres, chaque poste possède quatre appareils, dont deux nommés *appareils n° 1*, servant à mouvoir les grandes ailes du poste et les petites des deux postes voisins, et les autres appelés *appareils n° 2*, servant à ramener au repos les petites ailes du poste et les grandes ailes des postes voisins.

L'appareil n° 1 (fig. 107) se compose d'une boîte de fonte contenant une roue d'ébonite B, servant de commutateur, et portant sur sa circonférence des pièces métalliques *ddd*... qui peuvent venir au contact des frotteurs *eee*. Quand un train passe, le garde, pour bloquer la section, agit sur une bielle articulée avec la tringle de tirage de l'aile correspondante, et reliée à la manivelle F, qui se termine à l'axe G et commande le commutateur. En effectuant cette manœuvre, il fait faire à la bielle un peu plus d'un demi-tour. L'aile se trouve alors calée dans sa position horizontale par le doigt K, reposant sur le butoir M, qui reste vertical tant que le levier J à palette est retenu par l'électro-aimant Hughes I. L'appareil communique par un fil avec celui qui commande la petite aile du poste suivant; pendant la rotation précédente, le commutateur a envoyé un courant négatif destiné à faire apparaître cette aile.

Lorsque le train a quitté la section, le second poste envoie dans l'électro-aimant I un courant qui affaiblit son aimantation. La tige MN bascule alors sous l'action d'un contrepoids, le doigt K s'échappe, la bielle active sa révolution, et l'aile est ramenée par la pesanteur à la position verticale. Pendant ce temps, une came en limaçon a ramené la palette J au contact de l'électro, et le butoir M, ayant repris sa position, est prêt à arrêter de nouveau le doigt K.

Pendant la seconde partie de la rotation, le commutateur donne un courant positif qui vient renforcer l'électro-aimant Hughes U, dont l'attraction fait apparaître le voyant S et frapper un coup sur un timbre voisin.

Les postes terminus n'ont qu'une grande aile et une petite, et un seul appareil de chaque espèce.

Les électro-sémaphores ont l'avantage de n'employer l'électricité que pour affaiblir un électro-aimant; tous les mouvements se font sous l'action de contre-poids, ce qui donne au système une grande solidité.

Nous ne décrirons pas l'appareil n° 2, qui diffère peu du premier.

Ajoutons que la Compagnie d'Orléans, qui emploie le block-system absolu, a fait subir à ces appareils des modifications destinées à empêcher que le signal d'arrêt puisse être effacé par toute autre cause que la manœuvre réglementaire.

La Compagnie P.-L.-M. employait les appareils Tyer, dans lesquels les signaux optiques étaient indépendants des appareils électriques; ce système a été complété par MM. Jousselin, Chaperon et Rodary, en vue d'établir la solidarité des deux ordres d'appareils.

Enclenchement des boîtes électro-sémaphoriques entre elles et avec le disque à distance. — La Compagnie du Nord a joint aux appareils Lartigue une disposition qui a pour but : 1° d'empêcher le garde d'un poste B de débloquer la section AB avant d'avoir bloqué la section suivante BC ; 2° de permettre aux gares de dépassement de supprimer la dépendance de la section qui précède et de celle qui suit, lorsque l'on a garé un train, et de la conserver pour les trains qui passent sans garage dans la station; 3° d'empêcher de faire cette suppression par le garde du poste, sans l'intervention d'un agent responsable, placé près du lieu de garage, et enfin de remettre les choses en l'état initial, lorsque le garage est effectué, en même temps qu'on débloque la section. Sur le réseau du Nord, chaque poste sémaphorique est pourvu d'un disque à distance: l'appareil doit donc maintenir ce disque à l'arrêt, tant que la grande aile est horizontale.

La dépendance des sections est obtenue par l'addition, entre les boîtes de manœuvre de la grande et de la petite aile, d'une boîte contenant un enclenchement électrique qui établit ou supprime la solidarité entre les axes des deux manivelles, de manière qu'on ne peut tourner l'une si l'on n'a pas préalablement tourné l'autre.

M. Eugène Sartiaux a réalisé la solidarité entre la grande aile du sémaphore, le petit bras et le disque à distance par l'addition d'une serrure

électrique K (fig. 108), reliée au levier L du disque, et d'un appareil supplémentaire ajouté dans l'appareil F d'enclenchement installé entre les boîtes de manœuvre.

Un train étant annoncé par la chute du petit bras, il est impossible de faire disparaître ce bras et de débloquer la section qui renferme le train, sans avoir d'abord bloqué la section suivante en rendant la grande aile horizontale, manœuvre qu'on ne peut effectuer sans avoir mis à l'arrêt le disque à distance.

La mise à l'arrêt du disque fait fonctionner la serrure adaptée au levier et envoie un courant dans l'appareil d'enclenchement de la grande aile, qui peut alors être levée à l'arrêt. Tant qu'elle reste dans cette position, il est impossible au garde de remettre le disque à voie libre : c'est seulement quand la grande aile tombe, déclenchée par le poste suivant, que la serrure est dégagée et qu'il est possible de ramener le levier du disque à la position normale.

Si le train ne doit pas dépasser le poste, soit pour s'arrêter, soit pour se garer dans une station, la dépendance est supprimée, après que le garage est effectué, par l'agent qui commande cette opération.

A cet effet, il envoie, à l'aide d'un commutateur, un courant dans l'électro-aimant de la boîte F, ce qui produit exactement les mêmes effets que la manœuvre de la grande aile, c'est-à-dire que le garde peut dès lors débloquer la

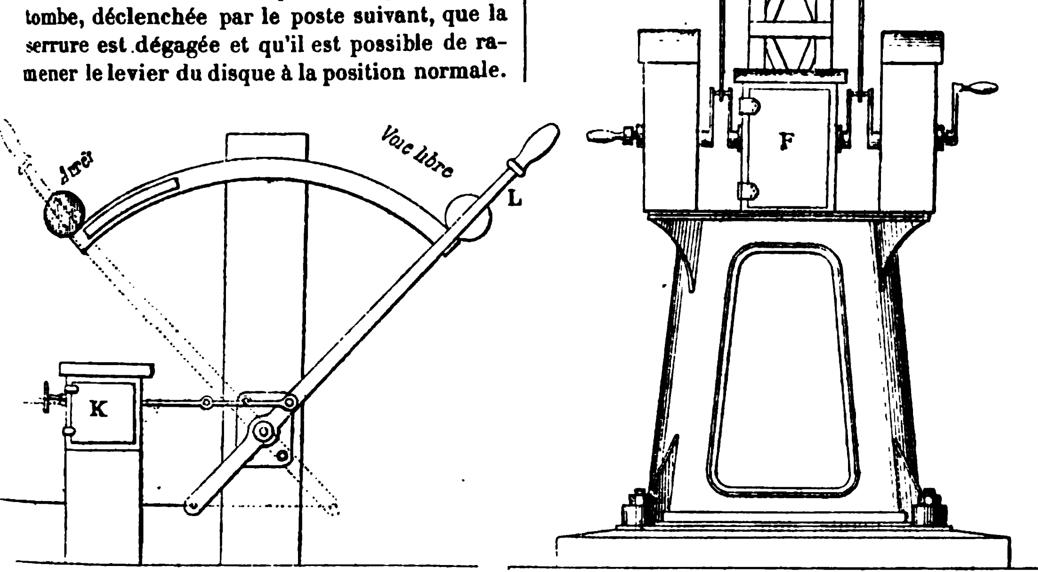


Fig. 108. — Enclenchement des boîtes entre elles et avec le disque à distance. (Chemin de fer du Nord.)

section en arrière, sans bloquer la section en avant. Les appareils sont en outre ramenés à leur position normale, avec dépendance des sections.

Pendant qu'on manœuvre le commutateur de garage, une sonnerie tinte au poste sémaphorique. L'appareil d'enclenchement F contient en outre un dispositif qui permet de le relier à un *répétiteur* d'électro-sémaphore.

Répétiteurs d'électro-sémaphores. — Dans les gares d'une certaine étendue, où l'électro-sémaphore n'est pas à la portée de tous les agents qui ont besoin d'être prévenus de l'arrivée des trains, on peut installer un appareil qui répète les indications du petit bras. La même disposition peut être installée aux passages à niveau qui n'ont pas de sémaphores.

L'appareil consiste en une boîte de fonte renfermant deux électro-aimants Hughes, qui maintiennent chacun une palette portant un voyant légèrement incliné dans le sens de sa chute ; chaque électro correspond à une des deux directions. Lorsque le garde du poste précédent abaisse sa grande aile pour bloquer la section, il fait tomber le petit bras de la station considérée et envoie en même temps un courant dans l'électro correspondant du répétiteur. Celui-ci s'affaiblit, sa palette tombe par son propre poids et le voyant apparaît. En tom-

bant, la tige du voyant ferme un circuit qui contient une pile locale et la sonnerie trembleuse de la direction. Cette sonnerie tinte jusqu'à ce qu'on relève le voyant. Les sonneries des diverses directions ont des timbres différents. En 1889, vingt répétiteurs étaient en service sur le réseau du Nord.

Block-system automatique. — Certains inventeurs ont cherché à faire effectuer par les trains eux-mêmes toutes les manœuvres, ou au moins la plupart d'entre elles, de manière à rendre inutile la présence des gardes ou au moins à diminuer dans une grande proportion leur responsabilité.

Le système Ducousso emploie des contacts fixes disposés sur la voie et qui actionnent des *sifflets électromoteurs* (Voy. ce mot) placés sur les locomotives.

Nous citerons notamment la disposition imaginée par J.-P. Wirks, de New-York, dans laquelle les signaux sont placés sur la locomotive, au lieu d'être le long de la voie.

Des piles, disposées de distance en distance le long de la voie, ont leurs pôles reliés à deux conducteurs fixés parallèlement aux rails. L'un de ces conducteurs est continu, et l'autre formé de pièces métalliques isolées; les circuits de chaque pile sont donc généralement ouverts et se ferment seulement au passage de la locomotive. Les piles divisent la ligne en sections comme dans un Block-system.

Chaque locomotive porte deux roulettes isolées l'une de l'autre, et respectivement en contact avec chacun des conducteurs.

Lorsque le train passe d'une section dans une autre, les roulettes ferment le circuit de la pile correspondante, dont le courant met en branle un timbre puissant et démasque en outre un voyant, placés tous deux sur la locomotive. Si un deuxième train suit à quelque distance, le mécanicien qui le conduit est averti par ces deux signaux du voisinage du premier.

M. E. de Baillehache a imaginé un block-system automatique très simple, qui consiste dans l'installation d'un fil unique placé au-dessus de la voie, à une hauteur de 2,33 m. et soutenu tous les 25 mètres en ligne droite, tous les 12 mètres en ligne courbe, par des isolateurs placés à l'extrémité de potences greffées sur les potelets. Chaque train est muni d'une brosse circulaire assez large, fixée à la partie latérale supérieure du fourgon du chef de train.

Cette brosse est reliée à un appareil télégraphique placé dans le fourgon, et le retour se fait par la terre. Cette disposition permet d'établir très facilement une communication télégraphique, soit entre deux trains en marche, soit entre un train et une station. Si l'on veut élever davantage le fil aux passages à niveau pour éviter les ruptures, on place sur le train deux brosses assez écartées pour qu'il y en ait toujours au moins une en contact.

Le fil ainsi établi au-dessus de la voie peut être divisé en un certain nombre de sections indépendantes, reliées aux différentes cases d'un tableau indicateur placé dans la gare principale la plus voisine. On pourra ainsi, de cette gare, connaître à un moment quelconque la position de tous les trains engagés sur les sections qui dépendent de cette gare (ce qui fait une longueur d'environ 60 kilomètres). On pourra aussi, à l'aide d'un commutateur bavarois, faire communiquer ensemble tous les trains circulant sur les diverses sections isolées. On pourra enfin, de ce poste envoyer un signal d'arrêt absolu à la fois sur toutes les sections. Ce signal peut être formé d'un petit disque qui apparaît sur la locomotive même de chaque train, et qui, une fois enclenché, ne peut être effacé que par le poste central. Le système de M. de Baillehache, tout en étant fort simple, assure donc une sécurité complète.

BLUTEUR ÉLECTRIQUE. — Le bluteur de Thomas, B. Osborne et Kingsland Smith présente une curieuse application de l'attraction des corps légers à la séparation du son et de la farine.

La farine brute arrive à l'extrémité d'un tamis horizontal animé d'un mouvement de va-et-vient, au-dessus duquel sont disposés des cylindres en caoutchouc qui tournent d'une manière continue autour de leurs axes, et s'électrisent en frottant sur des coussins de peau de mouton placés à leur partie supérieure. Le son est attiré par ces cylindres à cause de sa légèreté, tandis que la farine traverse le tamis; il est arrêté par les coussins et retombe dans des gouttières parallèles aux cylindres et dans lesquelles il est recueilli.

Un appareil muni de vingt-quatre cylindres, n'occupant pas plus de 2 mètres carrés et fonctionnant avec une force d'un demi-cheval, peut bluter, paraît-il, 200 à 300 kilogrammes de farine par heure, suivant la qualité. Cet ingénieux appareil évite les inconvénients des blutoirs ordinaires : perte dans l'atmosphère d'une partie du son; production d'une atmosphère impure, sans doute nuisible aux ouvriers, et capable de détoner facilement au contact d'une flamme.

BOBINE D'INDUCTION DE RUHMKORFF. — La bobine de Ruhmkorff est en quelque sorte le plus ancien des transformateurs, mais, à l'inverse des transformateurs actuels, elle donne naissance, par les interruptions d'un courant primaire de grande intensité et de force électromotrice faible, à des courants induits de faible intensité, mais de forme électromotrice assez élevée pour donner des étincelles et reproduire les effets ordinaires des machines électrostatiques.

Principe de la bobine. — La première bobine de ce genre, construite par Masson et Bréguet, a reçu depuis bien des perfectionnements. En principe, elle reproduit l'appareil à double bobine, qui sert à vérifier les lois de l'induction (voy. ce mot). Le courant primaire, fréquemment interrompu, traverse une bobine intérieure à fil gros et court, entourée d'une bobine induite B (fig. 109) dont le fil très fin a souvent plusieurs kilomètres de longueur; les différentes spires doivent être parfaitement isolées. Les extrémités de ce fil aboutissent à des bornes auxquelles on attache des rhéophores *ii'* destinés à recueillir le courant induit. Un noyau de fils de fer doux M, placé au centre de la bobine inductrice, en augmente les effets.

Cloisonnement. — Dans les appareils d'une certaine dimension (fig. 110), Poggendorff a imaginé de *cloisonner* la bobine induite, c'est-à-dire de disposer le fil induit en une série de

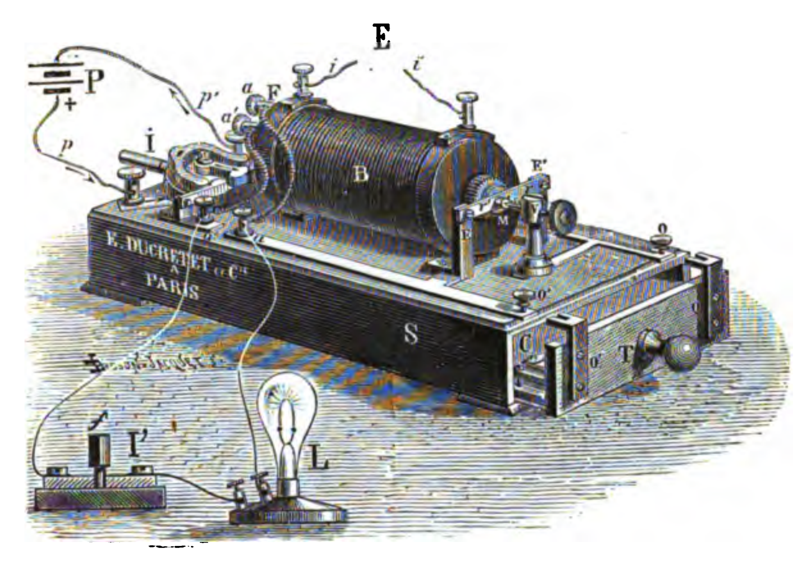


Fig. 109. — Bobine Ruhmkorff de démonstration.

bobines courtes, placées bout à bout, au lieu de l'enrouler par couches successives allant d'un bout à l'autre de l'appareil. On évite ainsi d'avoir entre deux spires en contact une différence de potentiel trop forte, ce qui pourrait percer la couche isolante.

Condensateur. — Fizeau a augmenté la puissance des bobines en reliant les deux extrémités du fil primaire aux deux armatures d'un *condensateur* C, formé de feuilles d'étain isolées par de la soie, et placé dans le socle de l'appareil (fig. 109). L'extra-courant de rupture s'écoule dans ce condensateur, et l'on a l'avantage de diminuer ainsi la différence de potentiel entre les deux points où se fait la rupture.

Interrupteur. — Enfin l'un des organes importants est l'*interrupteur*, qui doit rompre le circuit primaire à intervalles très rapprochés.

Pour les bobines de dimensions moyennes, on emploie généralement des dispositions dérivées du trembleur de Neef.

Ce trembleur a été modifié avantageusement en 1879 par M. Ducretet et par M. Marcel Deprez. La figure 109 représente le modèle Ducretet. Une lame vibrante *rr'*, fixée par ses deux extrémités, porte en son milieu une plaque de fer doux, qui est attirée par le noyau de la bobine dès que le courant passe. Mais il se produit aussitôt une interruption entre la pointe de la vis V et la lame *rr'*; celle-ci est donc ramenée à sa position par son élasticité.

Pour les bobines plus fortes, on se sert de l'interrupteur à mercure de Foucault (fig. 110), qui est actionné par une pile spéciale formée

d'un ou deux éléments. Il se compose d'un électro-aimant M dont l'armature I est fixée au bout d'une tige horizontale IL, portant à l'autre extrémité deux pointes verticales de platine qui pénètrent dans des godets P contenant du mercure. La tige IL est portée par une tige flexible R, dont la durée d'oscillation peut être rendue plus ou moins rapide à l'aide d'un contre-poids qu'on fixe à la hauteur convenable. Le courant de la pile locale est amené par les fils CD à un commutateur de Ruhmkorff; il traverse le godet voisin de la tige R, les tiges L et R et l'électro-aimant. A l'état de repos, les pointes de platine affleurent le mercure sans y pénétrer. Si l'on pose le doigt sur l'extrémité L, on ferme le courant local; l'armature I est attirée par l'électro-aimant, la tige R s'incline de ce côté et le circuit est rompu à la surface du mercure. Alors l'élasticité de la tige R ramène la pointe dans le mercure, et, tant que le courant passe, l'action de l'électro-aimant entretient les oscillations de cette tige et produit des interruptions fréquentes. Le courant primaire de la pile est amené à un second commutateur par les fils EF; il traverse le second godet P et les tiges L et R; il est donc interrompu en même temps que le courant local à chaque vibration double de la tige R.

La bobine représentée figure 110 a un fil induit de 0,1 mm. de diamètre et de 100 kilomètres de longueur; elle donne des étincelles de 50 centimètres dans l'air et de plus de 10 mètres

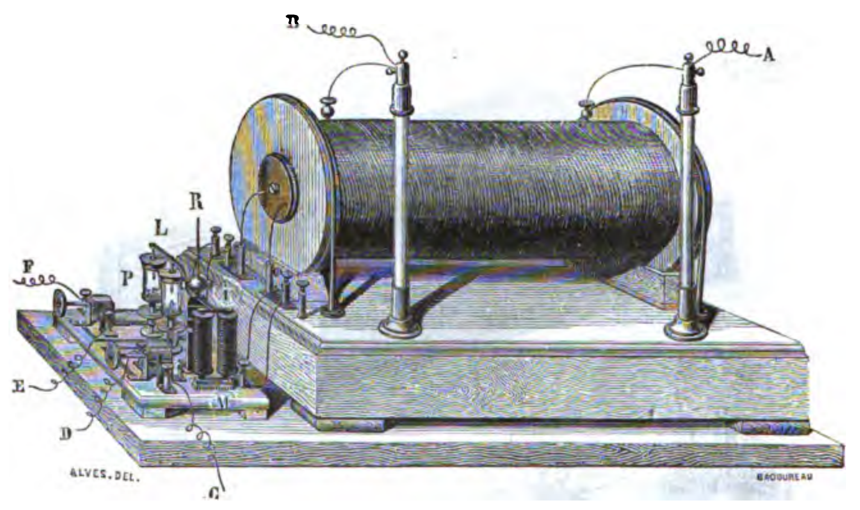


Fig. 110. — Bobine de Ruhmkorff avec interrupteur de Foucault.

dans l'air raréfié. La figure 109 permet de se rendre compte de la disposition des divers organes. Le courant de la pile P est amené aux bornes d'un commutateur I de Bertin; de là il passe par exemple aux bornes a', traverse la bobine inductrice, en sort par les bornes a, se rend à l'interrupteur rr', à la vis V et revient au commutateur I par une bande de cuivre que cache la bobine. Le condensateur C communique avec deux bandes métalliques qu'on fixe sous les bornes oo'.

La figure 111 représente une bobine construite en Angleterre par Apps et qui appartenait à Spottiswoode; c'est la plus grosse bobine qui existe. On voit qu'elle est à peu près de la hauteur d'un homme agenouillé. Son poids total est de 762 kilogrammes; sa longueur 1,22 m., son diamètre extérieur 0,508 m. Le noyau de fer doux pèse 30,5 kgr. Le circuit primaire est long de 546 mètres avec un diamètre de 2,5 mm. Le fil induit à 450,5 km. de longueur et 0,25 mm. environ de diamètre, faisant 341850 tours. Excitée par 30 éléments de Grove, elle donne des étincelles de 1,08 m.

Effets de la bobine. — La bobine de Ruhmkorff reproduit les effets des machines électrostatiques et des condensateurs: étincelles, inflammation, ruptures, combinaisons et décompositions chimiques.

Lorsqu'on réunit les deux pôles induits par un fil, il est parcouru par des courants alternatifs ayant une action nulle sur un galvanomètre.

Si on écarte les extrémités du fil pour avoir des étincelles, on constate que les courants directs traversent l'air plus facilement, et passent

même seuls, si la distance est assez grande. Le débit peut se mesurer, comme pour les machines électrostatiques, par le temps nécessaire pour charger un condensateur.

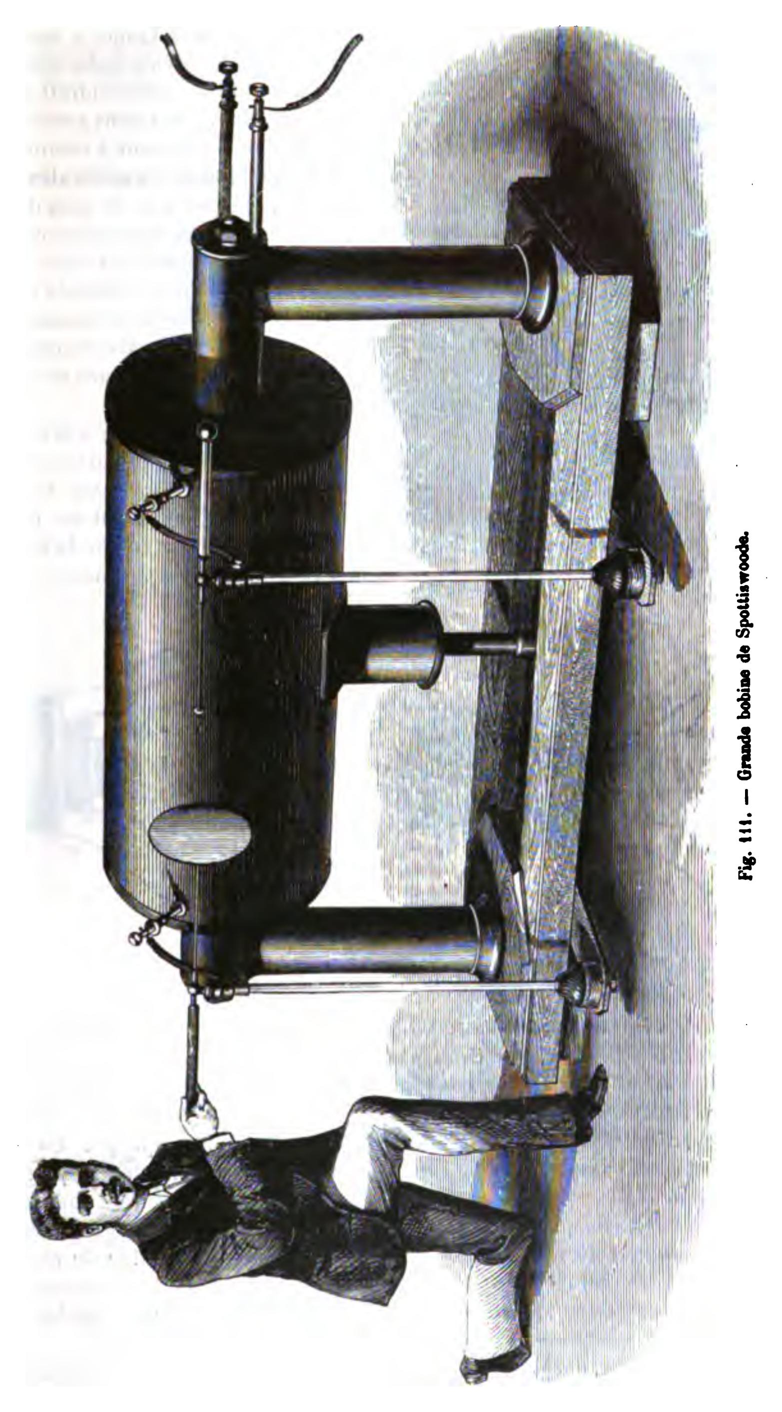


Fig. 111. — Grande bobine de Spottiswoode.

Nous signalerons encore une forme très pratique de la bobine d'induction due à Pyke et Barnett. L'axe de la bobine (fig. 112) est vertical, et l'interrupteur, dissimulé au centre, laisse voir à la partie supérieure ses parties mobiles, pour faciliter le réglage. Cet interrupteur, tout

à fait nouveau, est formé d'un marteau mis en vibrations rapides par un électro-aimant faisant

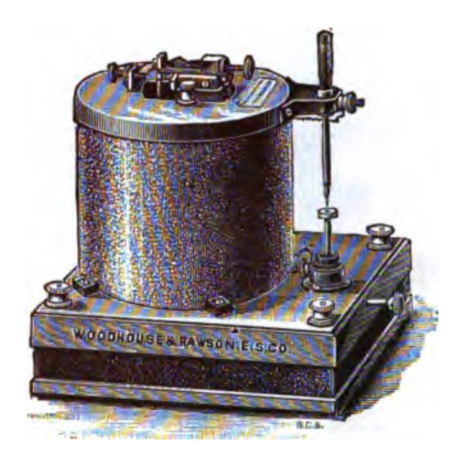


Fig. 112. — Bobine de Pyke et Barnett.

partie d'un circuit dérivé. L'un des contacts du courant principal, monté sur un ressort, frappe le marteau au moment de son recul.

Sous cette forme, la bobine est extrêmement transportable.

La figure 109 représente une application fort intéressante : une lampe à incandescence est disposée sur le circuit inducteur, et le courant de la pile, qui ne parviendrait pas à l'allumer sans la bobine, y parvient grâce aux extra-courants qui se produisent à chaque interruption.

Bobines d'induction médicales. — On emploie en thérapeutique, sous le nom d'*appareils volta-faradiques*, des modifications de la bobine de Ruhmkorff, qui doivent être disposées pour qu'on puisse graduer à volonté l'intensité du courant induit. Certains de ces appareils permettent aussi de recueillir l'extra-courant du circuit inducteur, soit avec le courant induit, soit séparément.

La figure 113 montre le schéma des deux dispositions. Dans la première, on recueille le courant induit en attachant les poignées aux extrémités P'N' de la bobine B'B', ou l'extra-courant en les fixant en PN, de manière à fermer le circuit inducteur au moment de l'interrup-

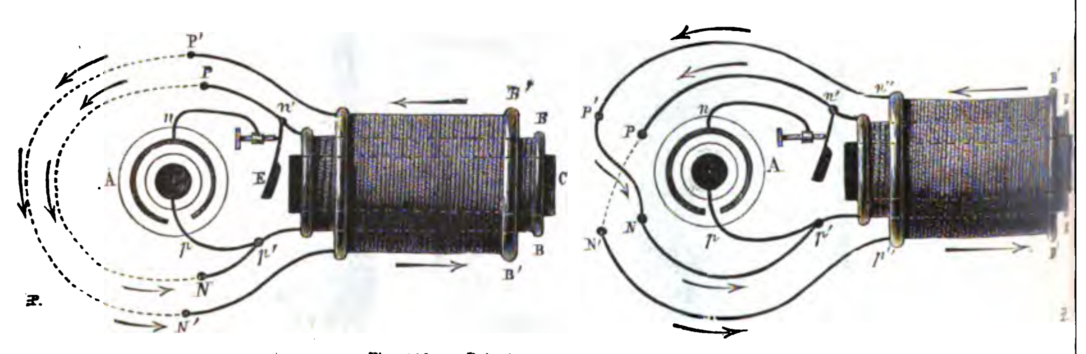


Fig. 113. — Principe des appareils volta-faradiques.

tion. Dans la seconde disposition, un fil métallique unit les extrémités P'N des deux circuits, et les poignées se placent en P et N'. Les fils forment alors un circuit unique, et tous les courants qui le parcourent au moment de la rupture ont le même sens; cette direction est indiquée par les flèches.

Les appareils médicaux sont très nombreux; nous avons décrit plus haut un modèle disposé pour les bains électriques (voy. ce mot); nous en ajouterons ici quelques autres, pour montrer les différentes dispositions adoptées.

Appareil volta-faradique de Duchenne (de Boulogne). — Cet appareil a reçu, après diverses modifications, la forme représentée figure 114. La bobine inductrice, composée de 100 mètres de fil de 0,5 mm. de diamètre, est recouverte par la bobine induite A, formée de 1,000 mètres de fil de 0,1 mm. d'épaisseur. Trois piles, logées dans le tiroir G, s'attachent aux bornes KL et excitent l'appareil; un trembleur, invisible sur la figure, produit les interruptions. Un commutateur, commandé par le bouton H, permet d'intervertir rapidement le courant inducteur; un autre commutateur E, auquel aboutissent le fil induit et deux fils de dérivation du circnit inducteur, sert à lancer à volonté l'extra-courant et le courant induit, suivant qu'on amène l'aiguille F sur le chiffre 1 ou le chiffre 2.

On peut augmenter l'action inductrice en enfonçant plus ou moins le faisceau de fils de fer doux, représenté à part en DD', et aussi en retirant plus ou moins le graduateur, formé de deux cylindres concentriques en cuivre, qui en-

veloppent, l'un B l'hélice induite, l'autre C le faisceau de fils de fer. A l'appareil est jointe une pédale destinée à produire avec le pied des interruptions moins rapides, et un modérateur à eau permettant d'affaiblir encore l'action.

Bobine à chariot de Du-Bois-Reymond. — Dans cet appareil (fig. 115), on gradue le courant en faisant varier le diamètre du fil induit et la distance des deux bobines. La bobine inductrice B est fixe, et l'on a trois bobines induites telles

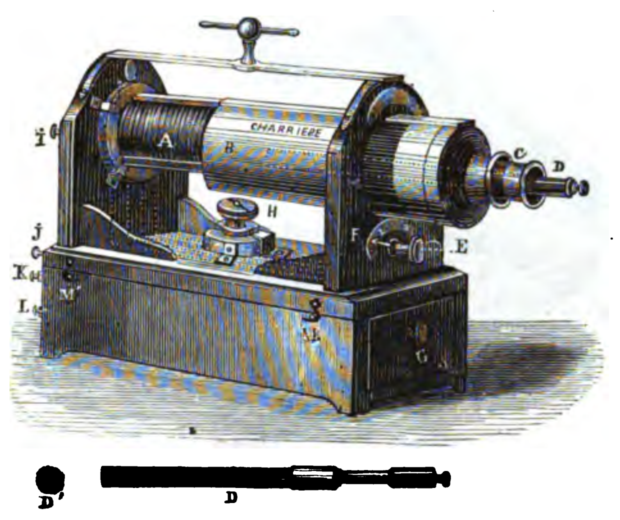


Fig. 114. — Grand appareil volta-faradique de Duchenne.

que B' à fils de grosseurs et de longueurs différentes : on choisit celle qui convient et on l'enfonce plus ou moins sur la bobine B, suivant l'effet qu'on veut obtenir. Enfin on a adapté à cet appareil différents interrupteurs qui permettent généralement de faire varier le nombre des intermittences. Celui que représente la figure est formé d'un petit électro-aimant D, qui reçoit une partie du courant inducteur, et attire un trembleur E. Deux bornes, dont l'une se voit en I, permettent de recueillir l'extra-courant.

Appareils portatifs. — Il existe des instruments

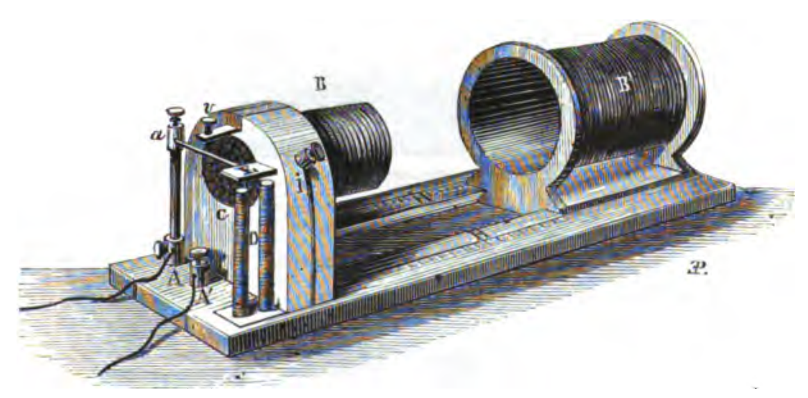


Fig. 115. — Bobine à chariot.

plus légers pouvant être renfermés dans une trousse ou une très petite boîte. On produit alors le réglage au moyen d'un cylindre de cuivre B, qui sert de *graduateur* et s'enfonce plus ou moins dans la bobine M (fig. 116) et en faisant varier le nombre des intermittences à l'aide d'un ressort coudé P, qui appuie plus ou moins sur l'interrupteur. L'appareil doit comprendre sa pile : dans le modèle représenté, elle est formée de deux éléments au chlorure d'argent L et L' renfermés dans des étuis d'ébonite : les communications avec la bobine sont établies à poste

fixe. Enfin la troisième partie de la boîte reçoit des électrodes de formes variées.

Le modèle représenté figure 117 est enfermé dans un portefeuille en cuir de petites dimen-

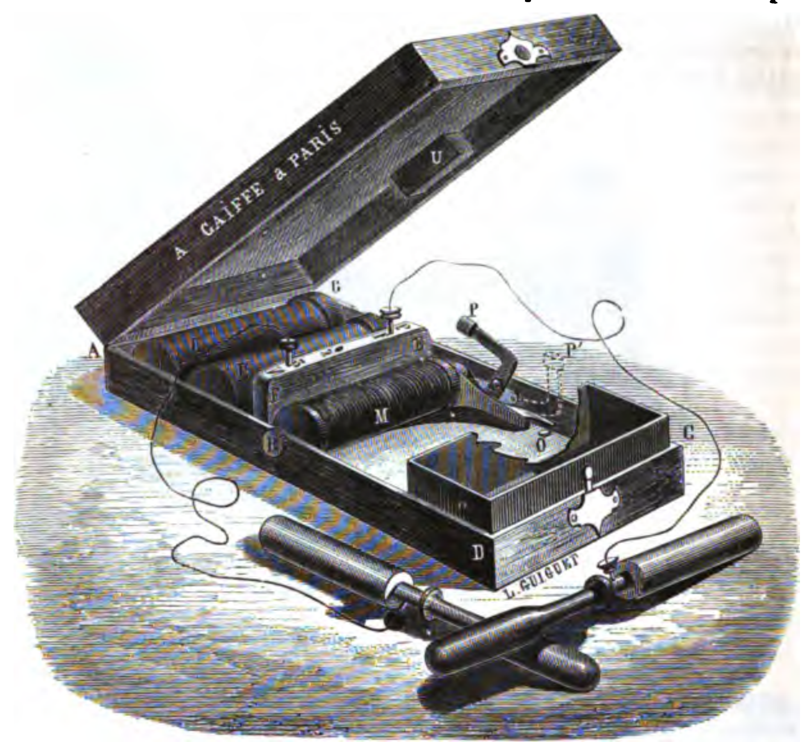


Fig. 116. — Appareil volta-faradique de Gaiffe (nouveau modèle).

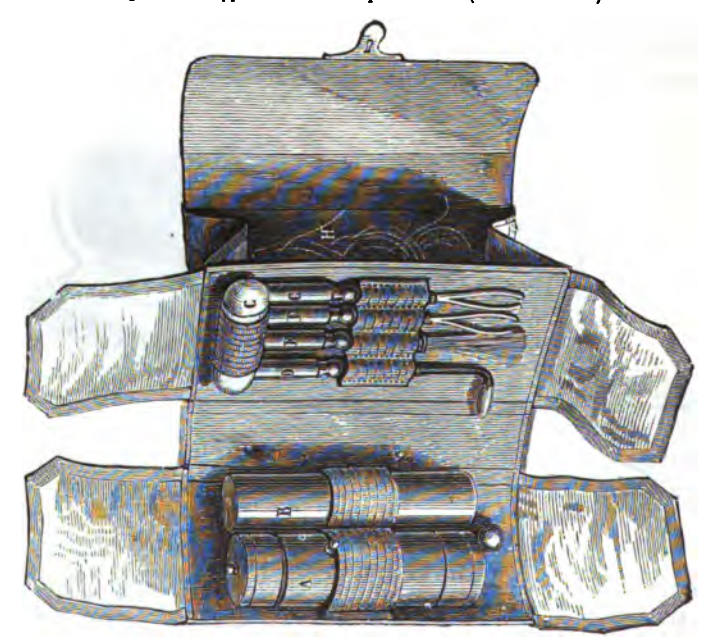


Fig. 117. — Trousse électrique de Trouvé.

sions. En A est la pile, en B les deux poignées, rentrant l'une dans l'autre et renfermant la bobine dans leur intérieur, en C un tube de verre contenant une petite poignée de sulfate mercu-

rique; on voit au-dessous des excitateurs de formes diverses, et en H les rhéophores.

BOBINE DE RÉSISTANCE. — Voy. Boite de résistance.

BOITE DE JONCTION. — Disposition servant, dans les grandes installations électriques, à réunir bout à bout les conducteurs qui forment la ligne, ou à joindre au circuit principal les dérivations destinées à desservir chaque maison ou chaque étage (Voy. Cable et Conducteur).

BOITE DE RÉSISTANCE. — Boite contenant une série de bobines de résistance croissante, et employée pour les mesures électriques. Le fil de ces bobines est généralement en maillechort ou en un alliage formé de 66,6 d'argent et de 33,4 de platine, parce que la résistance de ces deux alliages varie fort peu avec la température. Le fil est toujours enroulé en double, afin qu'on ait toujours à côté l'un de l'autre deux courants égaux et de sens contraire, ce qui empêche tout effet d'induction; ce mode d'enroulement est visible sur la figure représentant l'étalon de l'ohm légal (Voy. Ohm). Les bobines sont contenues dans une boite recouverte d'une plaque d'ébonite, sur laquelle sont disposées des bandes de cuivre assez épaisses pour que leur résistance soit négligeable; à chacune de ces bandes s'attache la fin d'une bobine et le commencement de la bobine suivante (fig. 118).



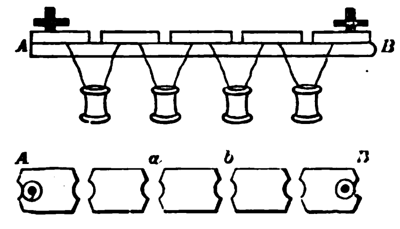


Fig. 118. — Boîte de résistance (disposition intérieure).

Dans les anciennes boîtes, les bandes successives sont séparées par de petits trous ronds que peuvent fermer exactement des chevilles de cuivre à manche isolant. Lorsque toutes les chevilles sont à leur place, le courant traverse seulement les bandes de cuivre, dont la résistance est nulle. Si l'on enlève une fiche, le courant traverse la bobine placée au-dessous. La figure 118 montre le principe de cette disposition qui n'est plus très employée. Les bobines ont des résistances qui croissent ordinairement suivant la même loi que les valeurs des poids marqués : 1, 2, 2, 5, 10, 10, 20, 50, 100, 100, 200, 500, 1000, etc., avec ces nombres, on peut obtenir toutes les résistances jusqu'à 2000.

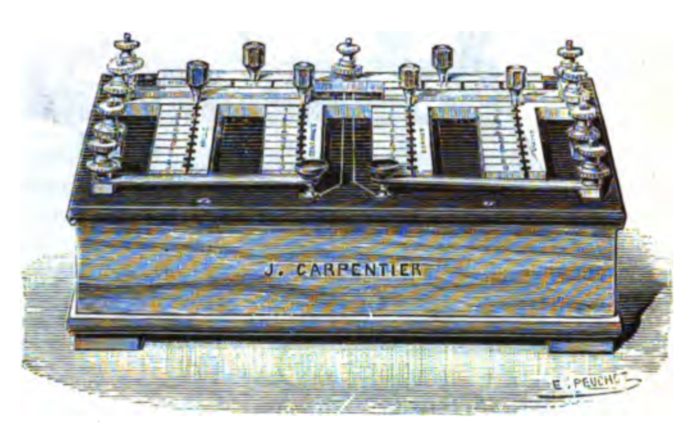


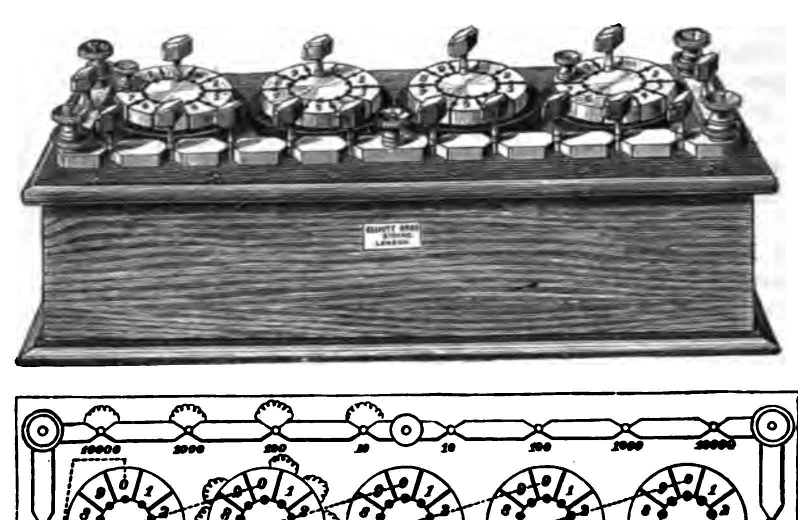
Fig. 119. — Boite disposée en décades et formant pont de Wheatstone.

A la disposition précédente on préfère aujourd'hui les boîtes *en décades*, qui renferment un plus grand nombre de bobines, mais qui ont l'avantage de diminuer beaucoup le nombre des fiches à manipuler. Dans ces boîtes, on fait usage de 9 bobines d'1 ohm, 9 bobines de 10, 9 bobines de 100, etc. Les 9 bobines semblables sont reliées par des bandes de cuivre semblables à *ab* (fig. 120), disposées parallèlement à une bande pleine qui reçoit le courant; en joignant par une seule fiche la bande pleine à la bande marquée 1, 2, 3..., on intercale dans le circuit 1, 2, 3..., bobines égales. La boîte représentée va jusqu'à 10000; les unités sont à droite, puis les dizaines, les centaines et les mille. Les quatre fiches sont au zéro; la résistance intercalée est donc nulle. Nous expliquerons plus loin le rôle des bobines qui se voient en arrière (Voy. Pont de Wheatstone).

Au lieu de placer les décades en lignes parallèles, on peut les disposer en couronnes autour de cercles de laiton. La figure 120 montre ce système, dont le principe ne diffère en rien de

celui de l'appareil précédent. Le cadran des centaines montre l'arrangement des bobines; on voit que le courant traverse à chaque décade un nombre de bobines égal au chiffre devant lequel on a mis la fiche. Si on la place au zéro, le courant passe directement du secteur au disque central; la résistance est nulle.

Dans ces deux systèmes, la résistance totale



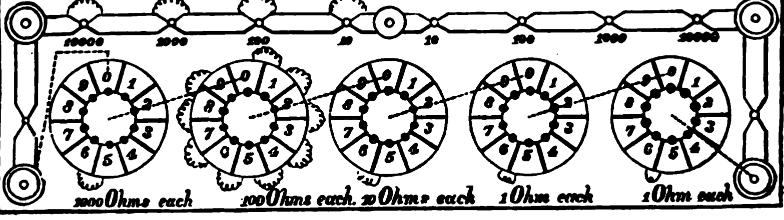


Fig. 120. — Boîte à cadrans, formant pont de Wheatstone.

se lit facilement : elle est égale à la somme des résistances *bouchées*.

Les deux appareils précédents portent un certain nombre de bobines, en outre de celles dont nous avons parlé : c'est qu'elles permettent de réaliser la disposition connue sous le nom de pont de Wheatstone, qui sert à la mesure des résistances. Les bobines doivent se trouver alors divisées en trois groupes. La figure 121 montre le schéma de cette disposition

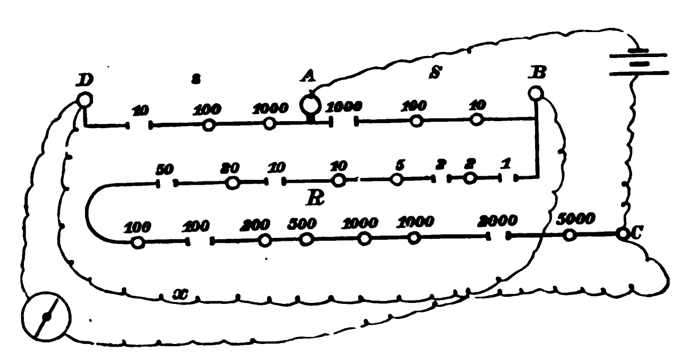


Fig. 121. — Schéma d'une boîte formant pont de Wheatstone.

avec les boîtes dans lesquelles toutes les bobines se suivent.

BOLOMÈTRE. — Sorte de thermomètre électrique imaginé par Langley et fondé sur les variations de la résistance des métaux avec la température. Il se compose d'une pile dont le courant traverse un circuit formant pont de Wheatstone. Sur deux des branches opposées du pont on a placé des lames sensibles, formées d'acier, de platine ou de palladium. Ces lames ont chacune 0,5 millimètre de largeur et 0,05 millimètre d'épaisseur; elles sont repliées un cer-

tain nombre de fois sur elles-mêmes, de façon à occuper un très petit espace. L'une des lames *b* a ses replis partagés en deux faisceaux disposés de part et d'autre de la lame *a*, intercalée dans l'autre branche du pont; c'est cette dernière qui recevra le faisceau à étudier.

L'ensemble des deux lames est placé dans un cylindre creux muni d'un diaphragme : à l'aide d'un rhéostat, on amène d'abord le galvanomètre au zéro. Il est évident que les variations lentes de la température ambiante ne feront pas dévier le galvanomètre, car elles influeront également sur les deux lames, mais si, ouvrant le diaphragme, on expose la lame *a* à l'action d'un faisceau lumineux, sa résistance changera, et, l'équilibre n'existant plus entre les deux branches du pont, le galvanomètre sera dévié. Bien qu'on ne puisse employer un courant énergique, afin d'éviter l'échauffement des lames *a* et *b*, l'instrument est très sensible. Il accuse, d'après l'auteur, une variation de 0°,00001.

BORNE SERRE-FILS. — Petite pièce de métal disposée sur les appareils pour établir les communications. Tantôt le fil passe dans un trou où le serre la pointe d'une vis; tantôt il est replié autour de la vis et serré à plat; on a peut-être ainsi un meilleur contact; un autre écrou, comme on le voit sur le second modèle, permet souvent d'attacher un autre fil sans déranger le premier. Le troisième modèle permet aussi d'at-

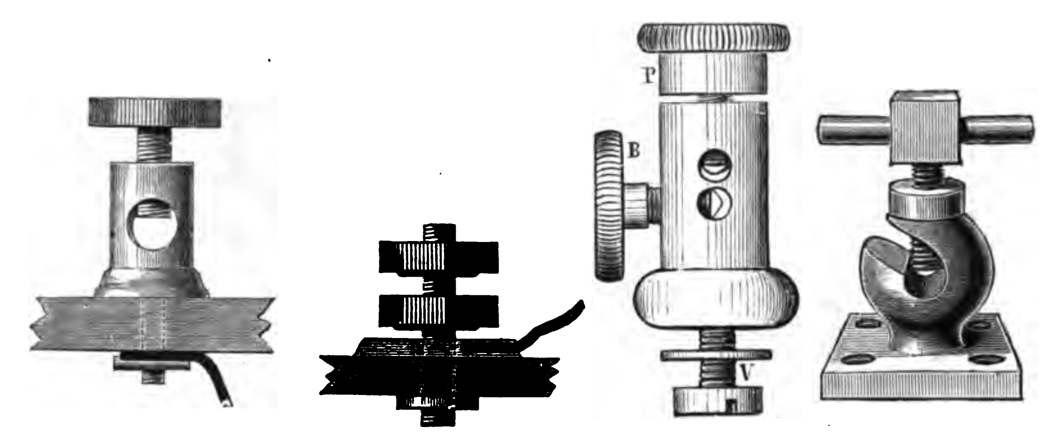


Fig. 122. — Borne serre-fils.

tacher deux fils séparément, l'un pouvant être eserré à plat ou par la pointe de la vis (fig. 122)

Enfin le dernier dessin représente un modèle très commode, fabriqué par MM. Woodhoun et Rawson; quel que soit son diamètre, le fil peut être introduit et serré très aisément, et tous les contacts sont faciles à nettoyer.

BOUÉE ÉLECTRIQUE. — Bouée éclairée par une lampe à incandescence. Cette lampe est généralement placée à 1 mètre au-dessus du niveau de l'eau et alimentée par des accumulateurs placés dans l'appareil, et qui assurent un éclairage durant au moins six heures.

BOUGIE ÉLECTRIQUE. — Sorte de régulateur produisant un petit arc voltaïque sans exiger aucun mécanisme; les charbons sont placés parallèlement au lieu d'être sur le prolongement l'un de l'autre, de sorte que leur usure n'augmente pas la longueur de l'arc. Mais le point lumineux s'abaisse à mesure qu'ils se consument, comme dans une bougie; de là le nom de ces appareils.

Bougie Jablochkoff. — Les bougies ont été imaginées en 1876 par Jablochkoff. Celles de cet inventeur sont formées (fig. 123) de deux baguettes de charbon parallèles, séparées par une couche de matière isolante, qui est maintenant du *colombin*, mélange de plâtre et de sulfate de baryte, et reliées à la partie supérieure par un petit fil conducteur, qui est brûlé et remplacé par un petit arc voltaïque, dès qu'on fait passer le courant. On alimente les bougies électriques à l'aide de machines d'induction à courants alternatifs, afin d'éviter l'usure inégale des deux charbons.

Le colombin sert à maintenir l'arc à la partie supérieure du charbon; en outre, il fond peu à peu et augmente ainsi l'intensité lumineuse; nfin, si l'arc vient à s'éteindre, il reste rouge pendant quelques instants et permet le rallumage automatique, si le courant reprend au bout d'un temps inférieur à deux secondes environ.

Chaque bougie est ordinairement placée dans

un chandelier formé de deux pinces en cuivre, dont l'une est fixe, l'autre mobile, et qui viennent serrer deux plaques métalliques fixées à la base des charbons. On dispose quatre ou six chandeliers dans un globe dépoli qui diffuse la

Fig. 123. — Bougie et chandelier Jablochkoff.

lumière et masque la disposition intérieure. Les bougies ne durant qu'une heure et demie environ, il faut, à intervalles réguliers, faire passer le courant de la bougie usée dans une autre au moyen d'un commutateur.

Chandeliers automatiques. — Le chandelier automatique Bobenrieth (fig. 124) rend cette manœuvre inutile. Une plaque isolante P est munie d'un cercle métallique *m*, qui porte les pinces extérieures des six chandeliers et les met en communication avec l'un des pôles. Les pinces intérieures sont fixées sur le disque isolant, au centre duquel est une rondelle de cuivre *c*, reliée au second fil du circuit, et portant des ressorts plats *r* qui peuvent être serrés contre les pinces intérieures à l'aide de petites bagues en plomb *a*.

Les chandeliers étant garnis de bougies et les ressorts fixés aux branches intérieures, le courant traverse de préférence la bougie la moins

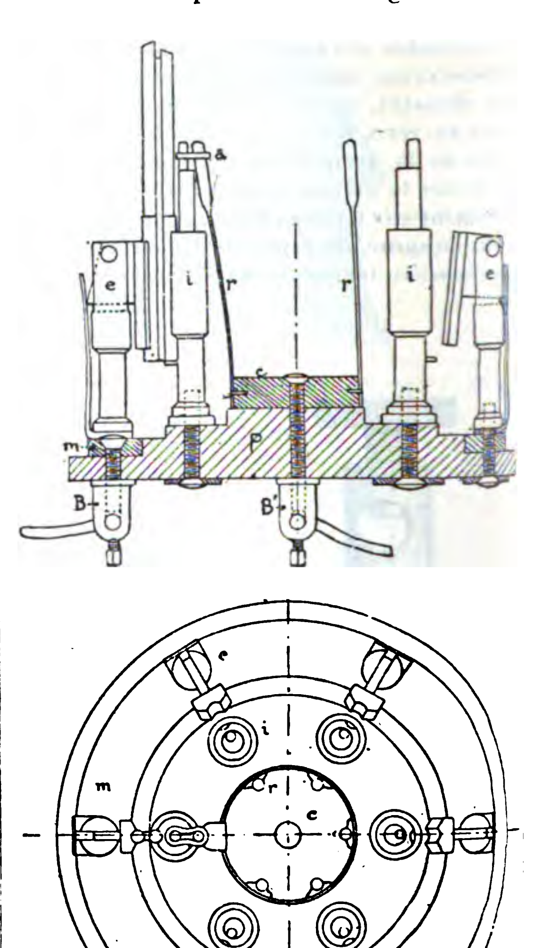


Fig. 124. — Chandelier automatique Bobenrieth.

résistante, y produit un arc voltaïque, meilleur conducteur que les amorces des autres bougies, et le courant continue à passer surtout par la bougie allumée. Lorsqu'elle arrive à sa fin, la chaleur de l'arc fait fondre l'anneau *a*; le ressort s'écarte et la dérivation se trouve rompue. Une autre bougie s'allume à son tour, et il en est de même jusqu'à la fin.

Les grands magasins du Louvre emploient le chandelier Clariot, qui est disposé pour quatre

bougies. Les mâchoires intérieures des quatre pinces communiquent avec un disque central, qui est relié à l'un des pôles de la source. Chaque mâchoire extérieure communique avec une plaque isolée; mais ces quatre plaques peuvent être reliées par des tampons coniques, qui établissent le contact sous l'action de ressorts à boudin. Chaque bougie porte, au milieu de la

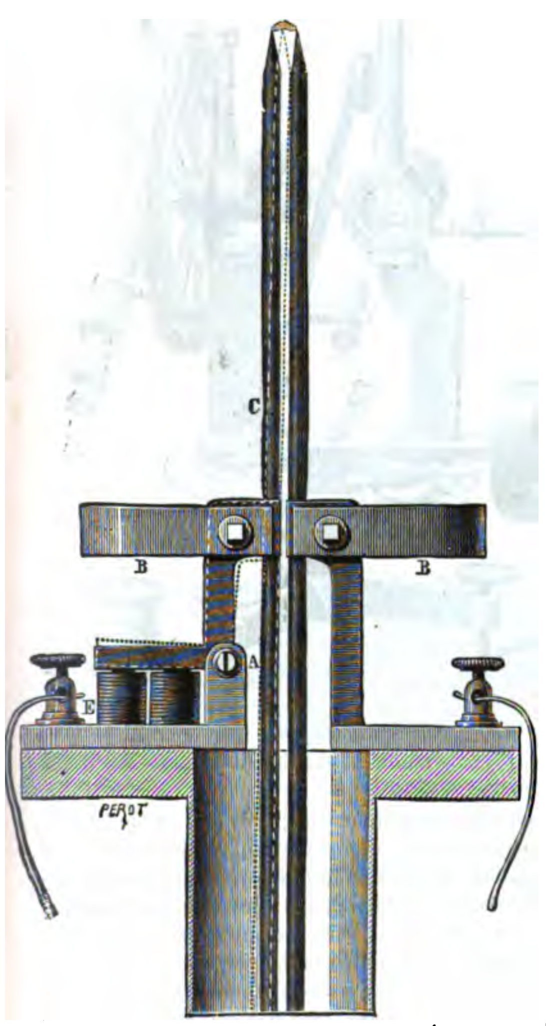


Fig. 125. — Bougie Wilde.

douille de cuivre, un petit fil métallique fixé par une goutte de soudure très fusible. Ces fils fléchissent les ressorts à boudin et par suite la mise en place des bougies a pour effet de les isoler complètement l'une de l'autre.

A l'aide d'un interrupteur à manette, on relie l'une des plaques à l'autre pôle de la source ; la bougie correspondante s'allume et brûle jusqu'à ce que la chaleur de l'arc fonde la goutte de soudure. Le fil métallique tombe, et le tampon conique correspondant établit la communication avec la bougie voisine. Le courant se partageant entre les deux bougies, la température de l'arc s'abaisse, sa résistance augmente, et il s'éteint très vite : la bougie voisine est alors seule dans le circuit et s'allume à son tour.

Avantages et inconvénients des bougies. — La découverte des bougies a exercé une grande influence sur le développement de la lumière

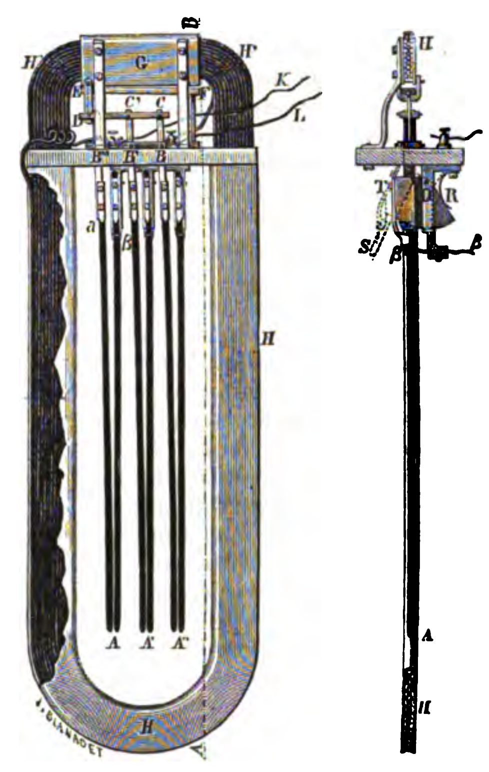


Fig. 126. — Bougie Jamin.

électrique, car elles se prêtent très bien à l'éclairage des grands espaces. Elles ont cependant quelques défauts ; elles peuvent s'éteindre quelquefois ; la lumière éprouve de brusques changements d'intensité ; enfin elle est accompagnée d'un bruit désagréable dû à l'emploi des courants alternatifs.

Bougie Wilde. — Dans ce système (fig. 125), le colombin est supprimé ; les charbons sont maintenus par des pinces, dont l'une est mobile et, sous l'action d'un ressort, fait incliner le charbon correspondant jusqu'à ce qu'il vienne toucher le charbon fixe par son extrémité supérieure. Cette pince mobile est liée à

une pièce de fer doux placée au-dessus d'un électro-aimant E qui fait partie du circuit. Dès que le courant passe, l'électro-aimant attire la pièce de fer doux, fait basculer la pince et écarte le charbon mobile du charbon fixe. On voit que cette disposition produit le rallumage automatique, si l'extinction vient à se faire pour une cause quelconque. Malgré l'absence de colombin, l'arc se maintient au sommet des charbons parce qu'ils vont en se rapprochant un peu à la partie supérieure, et que par conséquent la résistance est minimum en ce point.

Bougie Jamin. — Dans la bougie Jamin (fig. 126), le colombin est encore supprimé et l'arc est maintenu au sommet des charbons par l'action électrodynamique d'un acdre qui entoure l'appareil et qui est parcouru par le courant. On peut, sans inconvénient, placer les charbons la pointe en bas; cette disposition est même plus favorable, puisqu'elle supprime les ombres portées.

Bougie Ignatiew. — Dans cette bougie, l'un des charbons est un cylindre creux fabriqué à la filière; l'autre est une simple baguette placée au centre du premier et séparée de lui par une bague de kaolin ou par une couche d'air. En donnant au charbon creux une section cinq fois plus grande que celle de l'autre, l'usure est régulière, et l'on peut faire usage de courants continus : le crayon intérieur doit être négatif, et le cylindre creux positif.

La bougie brûle sans bruit et dure six heures; les charbons ne se fendillent pas.

M. Ignatiew indique les dimensions suivantes :

Diamètre du charbon négatif....	0,42 cm
Épaisseur de l'espace annulaire..	0,25
— du charbon positif....	0,19
Diamètre — —	1,3
Longueur — —	32,0

Bougie Million. — Cette bougie est formée de deux charbons creux renfermant des mèches de coton; elle allume par une amorce charbonneuse ou une bague de caoutchouc enduite de charbon, qu'on place sur les pointes et qui les protège pendant le transport. Ce système évite l'emploi du colombin et diminue la force électromotrice nécessaire.

BOUSSOLE. — On donne ce nom à des instruments très différents servant à diverses mesures magnétiques et électriques.

Boussole de déclinaison. — Appareil servant à mesurer la déclinaison, c'est-à-dire l'angle que fait le méridien magnétique avec le méridien astronomique. Cette détermination comporte donc deux parties : 1° la recherche du

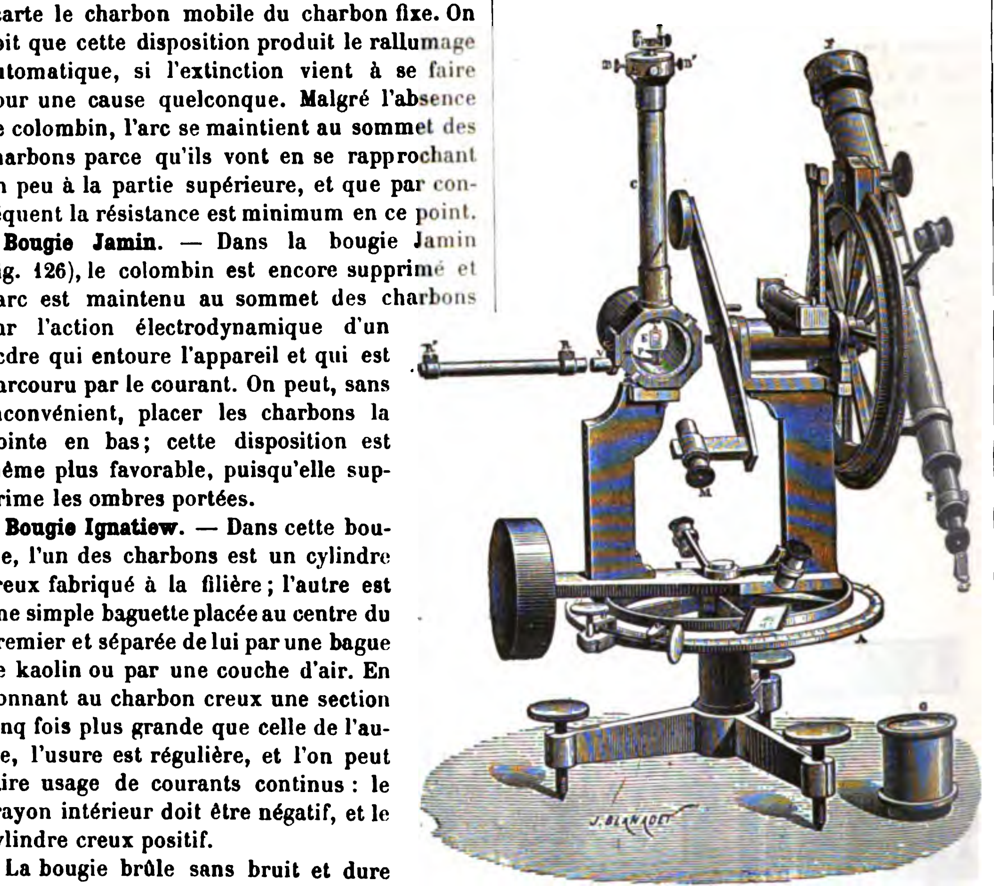


Fig. 127. — Boussole de déclinaison de Brunner.

méridien astronomique ; 2° la mesure de l'angle que fait avec ce méridien une aiguille aimantée mobile dans un plan horizontal. Les meilleures boussoles de déclinaison sont celles de Gambey et de Brunner. Dans la boussole de Gambey, comme dans toutes celles de construction ancienne, la longueur de l'aimant entraîne beaucoup d'inconvénients, notamment la grande durée des oscillations.

La boussole de Brunner, ou *théodolite-boussole* (fig. 127), est celle qu'on emploie actuellement à l'observatoire de Montsouris. C'est un théodolite portant un aimant horizontal entouré d'une cage, que ferment deux glaces parallèles, et suspendu par un fil de soie sans torsion. Cet aimant, qui a la forme d'un prisme à base carrée, porte à chaque bout un disque d'argent sur lequel est tracée une division (Voy. DÉCLINAISON).

Boussole d'inclinaison. — Appareil destiné à mesurer l'inclinaison, c'est-à-dire l'angle que fait avec l'horizon une aiguille aimantée mobile dans le plan du méridien magnétique. La boussole la plus employée est celle de Brunner, qui est formée d'une aiguille d'acier, en forme de losange très aigu, mobile devant un cercle divisé. Les lectures se font à l'aide d'une alidade qu'on déplace sur le cercle gradué, et qui porte aux extrémités deux petits miroirs concaves ayant leur centre dans le plan de l'aiguille: pour faire une lecture, on amène l'image renversée de chaque pointe à coïncider avec elle. Cet instrument diffère peu du cercle de Barrow, que nous décrirons plus loin, et à propos duquel nous indiquerons en détail la manière de procéder.

Boussole marine. — Cette boussole, désignée aussi sous les noms de *compas de mer* et de *compas de variation*, est une sorte de boussole de déclinaison simplifiée. Elle permet de mesurer la déclinaison et de régler la marche du navire. Elle est placée à cet effet près du timonier, dans un récipient en cuivre, qu'on nomme l'*habitacle*, et renfermée dans une boîte cylindrique plate, lestée à la base par du plomb, et portée par une suspension à la Cardan, qui lui permet de rester toujours verticale, quelle que soit l'inclinaison du navire. Cette boîte contient un pivot vertical, sur lequel repose l'aiguille aimantée, qui est ordinairement fixée sur un disque léger de mica ou de papier, portant la rose des vents. L'aiguille est sur la ligne NS. Quand on veut s'en servir pour déterminer la déclinaison, la boussole porte en outre deux pinnules qui remplacent la lunette des boussoles de déclinaison et servent à viser un astre, peu élevé au-dessus de l'horizon, pour déterminer le méridien astronomique. L'angle de ce méridien avec l'aiguille est la déclinaison.

Pour orienter la marche du navire, la boussole porte une ligne fixe, parallèle à la quille, et qu'on nomme *ligne de foi*. On observe l'angle de la ligne de foi avec l'aiguille aimantée, et, en ajoutant ou retranchant la déclinaison, suivant les cas, on connaît la direction suivie par le navire, et on la rectifie, s'il y a lieu.

La boussole circulaire de M. Duchemin diffère des modèles ordinaires en ce qu'elle est formée de deux aimants circulaires concentriques. Les pôles, placés suivant un diamètre, sont réunis par une lame de fer doux formant armature. Les aimants circulaires présentent, à poids égal, une plus grande quantité de magnétisme; cette boussole est plus sensible que les boussoles ordinaires, et en même temps plus stable. Elle a été essayée dans la marine française en 1874 et 1875 et adoptée depuis cette époque.

L'emploi de la boussole est malheureusement soumis à de graves causes d'erreur, dues aux masses de fer, souvent fort importantes, du navire, et surtout à l'aimantation temporaire qu'elles prennent sous l'influence du globe. On remédie à ces perturbations, soit par l'emploi de compensateurs magnétiques qu'on déplace suivant l'orientation du navire, soit en calculant une table de correction. Quel que soit le procédé employé, il est indispensable de refaire très fréquemment la régulation du compas, l'état magnétique des masses de fer du navire changeant sans cesse suivant le lieu où il se trouve.

Action des appareils d'éclairage sur les boussoles. — Dans les navires qui possèdent des installations électriques importantes, il y a lieu d'examiner si ces appareils n'exercent pas une action nuisible sur la boussole. L'action des conducteurs n'est pas à craindre dans le cas des courants alternatifs, qui sont du reste peu employés sur les navires. Si l'on fait usage de courants continus, on peut éviter cette action en plaçant constamment les deux conducteurs (aller et retour) l'un à côté de l'autre. Mais on préfère souvent n'employer qu'un fil et se servir de la carcasse métallique du navire comme retour commun. D'après M. A. Siemens, l'action des conducteurs serait négligeable, même dans ce cas; mais des perturbations plus importantes pourraient être amenées par le magnétisme des dynamos. Il existe beaucoup de ces machines qui exercent une action magnétique assez considérable sur les objets environnants. M. Creak, commandant d'état-major, cite le cas du navire *Northampton*, dont les trois dynamos faisaient dévier la boussole normale, placée à 12 mètres, de 3° à 5°, et donnaient sur une autre boussole un écart de 11°. D'autres machines, notamment celles dont les électros sont disposés à l'intérieur d'un tambour en fonte, ne présentent qu'une très faible action. Dans certains cas, on a obtenu de bons résultats en entourant les dynamos d'une enveloppe spéciale en tôle ou en fonte.

Boussole des variations. — Sorte de boussole de déclinaison ou d'inclinaison servant à enregistrer les variations de la déclinaison ou de l'inclinaison (Voy. MAGNÉTOMÈTRE).

Boussole des intensités. — On donne quelquefois ce nom à une aiguille de déclinaison suspendue à un fil de soie sans torsion et qu'on

fait osciller pour mesurer la composante horizontale du champ terrestre.

Boussole d'arpenteur. — Petite boussole de déclinaison servant à mesurer les angles, même lorsque leur sommet est inaccessible. Elle se compose d'une aiguille aimantée, mobile sur un cadran horizontal, et d'une lunette dont l'axe est parallèle à la ligne 0° — 180°. Cette lunette peut être remplacée par un système de deux pinnules permettant de viser un point. Si l'on veut mesurer un angle AOB (fig. 128), on

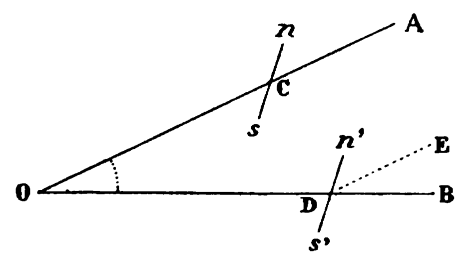


Fig. 128. — Emploi de la boussole d'arpenteur.

place l'appareil, monté sur un pied à trois branches, au-dessus d'un des côtés de l'angle, par exemple en C, et l'on vise le sommet O. La ligne 0° — 180° est parallèle au côté OA, et l'on note l'angle qu'elle fait avec l'aiguille aimantée *n s*. On répète la même opération en D, sur l'autre côté, et l'on mesure l'angle de OB avec l'aiguille *n' s'*. La direction de l'aiguille n'ayant pas changé, on voit que l'angle cherché est égal à la différence des angles mesurés, car on a :

$$\widehat{AOB} = \widehat{BDE} = \widehat{BDn'} - \widehat{ACn}.$$

D'une manière générale, en mesurant les angles que forment les côtés d'un polygone avec la direction fixe du méridien magnétique, on peut déterminer les angles de ce polygone.

Il existe d'autres appareils encore moins précis, qui se tiennent à la main et se portent dans la poche; ils sont destinés aux levés expéditifs, par exemple dans les reconnaissances militaires. Telles sont les boussoles d'Hossard, de Kater, de Burnier. Cette dernière se compose d'une aiguille aimantée portant un disque mince, sur la tranche duquel sont inscrits les degrés. La ligne de visée est fournie par un crin qu'on tend dans un plan vertical au moment de s'en servir; pendant qu'on vise, on observe par un petit trou le chiffre du limbe qui correspond à cette ligne; c'est l'angle qu'elle fait avec le méridien magnétique.

Boussole de proportion. — Disposition imaginée par M. Carpentier pour la mesure des résistances électriques. (Voy. ce mot.)

Boussole des tangentes. — On sait que la déviation d'un galvanomètre n'est pas en général proportionnelle à l'intensité du courant. Les boussoles des tangentes et des sinus permettent de mesurer les intensités en valeur absolue.

Ces deux instruments, imaginés par Pouillet, se composent d'un cadre circulaire GH (fig. 130) recouvert de fil de cuivre et assez grand pour qu'on puisse supposer le champ uniforme dans la région centrale. Au centre est suspendu une aiguille aimantée horizontale, qui, pour la boussole des tangentes, est très courte. Comme elle serait trop petite pour qu'on pût lire facilement ses déviations, elle est munie d'un index léger qui se déplace sur le cercle gradué DE. L'axe étant rendu vertical au moyen des vis calantes, on tourne l'appareil jusqu'à ce que l'index soit au zéro; le cadre GH et l'aiguille sont alors dans le méridien magnétique. Si l'on fait passer le courant, l'aiguille est déviée; soit O l'axe de rotation (fig. 129), NS le méridien.

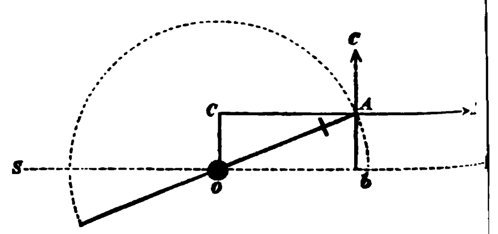


Fig. 129. — Principe de la boussole des tangentes.

Le pôle *b* de l'aiguille étant dévié en A se trouve soumis à deux forces : l'intensité du champ terrestre AH, qui est constante et parallèle au méridien, et l'action électromagnétique du cadre. L'aiguille étant très courte, on peut négliger le déplacement *b*A du pôle et cette action est alors perpendiculaire au plan du cadre, soit AC. Sous l'action de ces deux forces, l'aiguille prend la direction de la résultante.

Soit F l'intensité du champ électrique pour l'unité de courant, et par suite FI pour un courant d'intensité I; soit H la composante horizontale du champ terrestre, M le moment de l'aiguille, et α l'angle AO*b*; on aura :

$$\text{tg}\,\alpha = \frac{CA}{AH} = \frac{MFI}{MH} = \frac{IF}{H}.$$

D'où

$$I = \frac{H}{F}\,\text{tg}\,\alpha.$$

On peut donc comparer les intensités à l'aide des tangentes des angles de déviation. On peut

même avoir la valeur absolue de l'intensité, si l'on connaît $\frac{H}{F}$; nous indiquons ailleurs (Voy. INTENSITÉ) comment on mesure H, qui était égale à 0,19508 à Paris au 1er janvier 1889. On peut calculer F si l'on connaît le rayon des spires.

Enfin on peut déterminer expérimentalement $\frac{H}{F}$ en faisant passer dans l'appareil un courant d'intensité connue.

En réalité, le pôle de l'aiguille ne reste pas exactement dans le plan du cadre. M. Gaugain a montré qu'on obtient une proportionnalité beaucoup plus rigoureuse en plaçant l'aiguille en dehors du plan du cercle, à une distance égale à la moitié de son rayon ; on peut alors enrouler le fil sur un cadre conique dont le sommet coïncide avec le centre de l'aiguille, et tel que toutes les spires satisfassent à la condition précédente. Le plus souvent, on emploie deux cadres de ce genre placés symétriquement de chaque côté de l'aiguille (fig. 130). Le dessin représente à part la section d'un des cadres



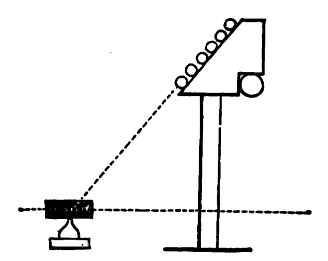


Fig. 130. — Boussole des tangentes.

coniques. Ces cadres sont en bois, pour éviter les traces de fer que pourrait contenir le cuivre.

Boussole des sinus. — La boussole des tangentes représentée par la figure 131 peut servir aussi comme *boussole des sinus*. Supposons qu'au lieu de fixer le cadre GH dans le méridien, on le fasse tourner en même temps que l'aiguille jusqu'à ce qu'il la rejoigne, de manière à être dirigé comme elle suivant la ligne OA (fig. 131), l'action électromagnétique AC sera alors perpendiculaire à l'aiguille OA ; en écrivant que OA est dirigé suivant la résultante de ces deux forces, on a :

$$MIF = MH \sin \alpha,$$

ou

$$I = \frac{H}{F} \sin \alpha ;$$

d'où le nom de l'instrument. Il n'est plus nécessaire que le champ soit uniforme, et l'on peut employer une aiguille aimantée plus longue, ainsi que le montre la figure 131.

Boussole des cosinus. — M. Ducretet a donné ce nom à une boussole des tangentes dont le cercle GH peut tourner autour de son diamètre horizontal. On peut ainsi faire varier rapidement la sensibilité de l'appareil, qui diminue



Fig. 131. — Boussole des tangentes ou des sinus.

à mesure qu'on incline le cadre : la composante horizontale de l'action du courant agit

seule et par suite, pour une même intensité, la tangente de la déviation est proportionnelle au cosinus de l'angle que fait le plan du cadre avec la verticale. D'où le nom de l'instrument.

BOUTEILLE DE LEYDE. — Condensateur fréquemment employé, et formé d'une bouteille de verre revêtue à l'intérieur et à l'extérieur, sur la plus grande partie de sa hauteur, d'une couche de papier d'étain (fig. 132). La partie

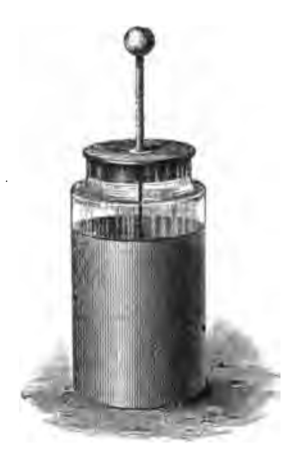


Fig. 132. — Bouteille de Leyde.

supérieure est vernie à la gomme laque ; le bouchon est traversé par une tige de laiton qui communique avec la feuille d'étain intérieure au moyen de fils de même nature et d'une chaîne. On reconnaît dans cet appareil les différentes parties d'un condensateur ; la feuille d'étain intérieure, qu'on relie ordinairement à la machine, forme le collecteur ; la feuille extérieure, qu'on tient à la main, est le condenseur ; enfin la bouteille forme la plaque isolante.

La bouteille de Leyde tire son nom de l'expérience de Cunéus et Muschenbroeck, qui découvrirent la condensation à Leyde en 1746, en cherchant à électriser de l'eau contenue dans une bouteille de verre.

A cause de sa forme, on peut appliquer à la bouteille de Leyde le théorème relatif aux condensateurs fermés, et sa capacité est

$$C = \frac{S}{4\pi e},$$

en appelant S la surface d'une des feuilles d'étain et e la distance des deux feuilles. On voit qu'on accroît la capacité en augmentant S et en diminuant e. Ceci explique pourquoi il vaut mieux coller une feuille d'étain à l'intérieur du verre que de remplir la bouteille de feuilles d'or : la distance e se réduit à l'épaisseur du verre.

L'énergie de la bouteille est

$$W = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{S}{4\pi e} V^2.$$

L'énergie est donc proportionnelle à la surface, au carré du potentiel, et en raison inverse de l'épaisseur du verre. On ne peut ni augmenter indéfiniment le potentiel, ni diminuer beaucoup l'épaisseur e, ce qui expose la bouteille à être traversée par la décharge ; il faut donc, pour accroître l'énergie, augmenter la surface. De là l'utilité des *jarres* et des *batteries* (Voy. ces mots).

Bouteille de Leyde à armatures mobiles. — Cette bouteille sert à démontrer qu'une partie des charges des deux armatures d'un condensateurs pénètre peu à peu dans la lame isolante, et forme ensuite les *résidus*, en revenant peu à peu sur les armatures. Elle est formée (fig. 133)



Fig. 133. — Bouteille de Leyde à armatures mobiles.

d'un vase de verre conique et de deux gobelets de laiton, qui peuvent se séparer facilement. On charge la bouteille ; on sépare avec précaution ses trois parties ; on touche les deux armatures métalliques pour les décharger, puis on reconstitue la bouteille. On peut alors en tirer une étincelle presque aussi forte que si on ne l'avait pas démontée.

Bouteille de Leyde étincelante. — Bouteille montrant les beaux effets de la décharge à la surface des corps mauvais conducteurs. Son armature extérieure est discontinue et formée par des grains de limaille collés par du vernis à la surface du verre (fig. 134). La tige de laiton qui termine l'armature intérieure se recourbe et vient aboutir à une petite distance de la première. Lorsqu'on charge cette bouteille, on voit des étincelles bleuâtres sillonner sa surface ; à cause de la proximité des deux armatures, la bouteille se décharge d'elle-même périodique-

ment, chaque fois que la différence de potentiel des armatures a acquis une valeur suffisante ; on voit alors de belles décharges à la surface.

Bouteille électrométrique de Lane. — Cette bouteille sert à mesurer des charges assez grandes, comme celle d'une batterie. C'est une bouteille de Leyde dont l'armature extérieure communique avec une boule isolée placée à l'extrémité d'une vis micrométrique horizontale, qui permet de l'approcher à une distance connue de celle qui termine l'armature intérieure; il jaillit une étincelle entre ces deux armatures chaque fois qu'elles atteignent une différence de potentiel constante pour la même distance.

Pour mesurer la charge d'une batterie, on peut l'isoler, et faire communiquer son armature extérieure avec l'armature intérieure de la bouteille de Lane, dont l'armature extérieure est reliée au sol. Quand l'armature intérieure de la batterie a pris une charge $+m$, il s'est développé par influence $-m$ sur son armature extérieure et par suite $+m$ sur l'armature intérieure de la bouteille de Lane, ce qui donne encore $-m$ sur l'autre armature de cette bouteille, qui est reliée au sol. Quand cette charge est suffisante, une étincelle jaillit entre les deux boules de la bouteille. Le nombre d'étincelles observé pendant la charge de la batterie mesure donc cette charge en unités arbitraires.



Fig. 134. — Bouteille étincelante.

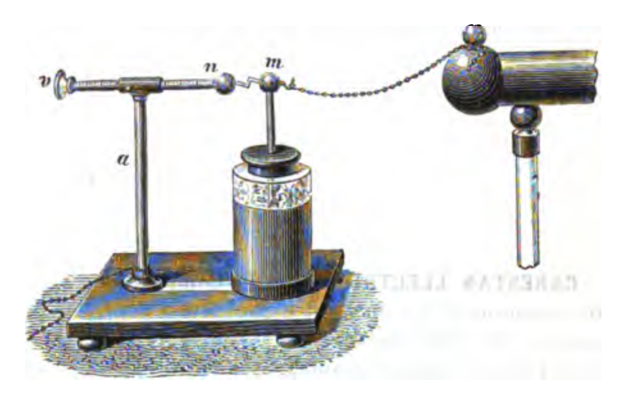


Fig. 135. — Bouteille de Lane.

Il est bon de faire une première expérience à blanc, afin d'éliminer l'influence de la charge résiduelle, qui est sensiblement constante. On peut aussi intercaler la bouteille de Lane entre la machine et la batterie, cette dernière étant reliée au sol par son armature extérieure.

BOUTON D'APPEL. — Voy. Sonnerie.

BOUTON TÉLÉPHONE. — Téléphone destiné aux usages domestiques (Voy. Téléphone).

BRIQUETTE-PILE. — Générateur imaginé par M. Brard en 1882, et formé d'un noyau de fils de cuivre et d'un aggloméré de brai et de houille; sur l'une des faces sont creusées des rainures tapissées d'amiante et remplies d'un mélange de nitre et de cendres; des fils de cuivre sont fixés dans ce mélange pour prendre l'électricité. La combustion de ces briquettes donne naissance à un courant.

BRONZAGE ÉLECTRIQUE. — Nom donné improprement à un procédé qui consiste à recouvrir d'oxyde magnétique de fer les objets en fer, fonte ou acier, pour les préserver de la rouille ; ce procédé a été imaginé par M. de Méritens en 1886.

Un objet d'acier est placé au pôle positif dans un bain d'eau distillée porté à 70° ou 80° et contenu dans un vase de fer ou de cuivre qui sert d'électrode négative. Il faut éviter l'emploi d'un courant trop énergique, qui donnerait un dépôt pulvérulent. Pour obtenir un bon enduit sur les objets de fer ou de fonte, il faut, après les avoir mis quelques instants au pôle positif, les placer à l'autre pôle jusqu'à réduction complète de l'oxyde, puis les remettre à leur première place.

BUREAU. — *Bureau télégraphique.* — Local qui renferme un poste télégraphique ; ce bureau contient notamment un ou plusieurs manipulateurs et récepteurs, les sonneries, galvanomètres, paratonnerres, piles, et autres appareils accessoires.

Il existe en France un petit nombre de bureaux permanents, ouverts le jour et la nuit. Les autres bureaux sont à service complet ou à service limité. Les premiers sont ouverts de 7 heures du matin en été, de 8 heures en hiver, à 9 heures du soir. Les bureaux à service limité sont ordinairement municipaux, c'est-à-dire administrés par les agents des communes. Lorsque ces bureaux sont adjoints à un bureau de poste, ils sont ouverts aux mêmes heures, c'est-à-dire en général de 7 ou 8 heures du matin à midi et de 2 heures à 7 heures du soir. Dans les localités qui n'ont pas de bureau de poste, les bureaux à service limité sont généralement ouverts de 9 heures à midi et de 2 à 7 heures les jours ouvrables, et seulement de 8 heures à 9 heures du matin et de 1 heure à 2 heures du soir les dimanches et jours fériés.

Bureau téléphonique. — Local renfermant un poste téléphonique : téléphones et microphones, piles, commutateurs, liste des abonnés, etc. Généralement les bureaux téléphoniques publics sont adjoints à un bureau télégraphique.

Bureau d'intérêt privé. — Bureau appartenant à un particulier ou à une administration indépendante de l'État. Les lignes d'intérêt privé sont de deux espèces : les unes rattachent un bureau d'intérêt privé au réseau de l'État ; les autres relient deux ou plusieurs bureaux privés. Les premières sont construites et entretenues par l'État et restent sa propriété. Les autres peuvent être construites par l'État ou par les particuliers, suivant la décision du ministre.

C

CABESTAN ÉLECTRIQUE. — La Compagnie des chemins de fer du Nord a présenté à l'exposition de 1889 un cabestan électrique par lequel elle a remplacé avantageusement les appareils hydrauliques précédemment employés dans son exploitation.

Cet appareil (fig. 136) se compose d'une machine dynamo-électrique à deux anneaux, dont l'arbre porte, à l'une de ses extrémités, un pignon qui engrène avec une grande roue dentée horizontale : sur l'axe de cette roue est montée la cloche du cabestan, autour de laquelle s'enroule le câble.

L'appareil est mis en mouvement à l'aide d'une pédale agissant sur un commutateur spécial de groupement, auquel se relient les extrémités des fils des anneaux et des inducteurs de la dynamo, et qui permet de mettre graduellement en série ou en dérivation les diverses parties de la machine. On obtient ainsi différentes vitesses de rotation, et des efforts variant de 350 à 400 kilogrammes, sans avoir recours à des résistances variables, qu'il serait difficile de loger dans un espace aussi restreint. Depuis cette époque, la machine à deux anneaux a été remplacée par une dynamo multipolaire; cette modification permet de réduire les dimensions de l'ensemble, d'obtenir un meilleur rendement et des efforts plus considérables. Le commutateur spécial de groupement a été aussi abandonné et remplacé par un commutateur avec rhéostat qui donne des résultats plus satisfaisants.

CABLE. — Conducteur isolé employé pour la construction des lignes de grand débit. Les câbles sont formés ordinairement d'un certain nombre de brins de cuivre isolés, puis réunis en faisceau, ou plus souvent groupés d'abord en toron, puis recouverts de matière isolante. Parfois enfin on tord ensemble un certain nombre de ces faisceaux isolés. Un câble se compose donc d'une âme conductrice et d'une enveloppe isolante, auxquels on ajoute fréquemment un revêtement destiné à le protéger contre les accidents et l'humidité. Qu'ils soient destinés à la télégraphie, à la téléphonie ou à l'éclairage, les câbles présentent toujours ces mêmes parties essentielles, mais le nombre et les dimensions de ces parties changent suivant les conditions auxquelles ils doivent être soumis.

Fabrication des câbles. — Le nombre et le diamètre des brins qui forment l'âme conductrice varient suivant les cas. Lorsqu'on veut

laisser à de petits câbles une certaine souplesse, on prend des brins très fins et on les réunit en grand nombre. Certains fabricants font usage de brins d'un diamètre déterminé, de sorte qu'on peut facilement déduire de leur nombre la section totale du conducteur. La pratique a montré que l'âme conductrice doit présenter au moins 1 millimètre carré pour 2 ou 3 ampères d'intensité à transmettre.

Les brins sont généralement enroulés sur des tambours différents, puis tordus ensemble à l'aide d'une machine à câbler analogue à celle des passementiers ; l'opération est conduite de manière à ne pas altérer la conductibilité normale des fils.

Lorsque le câble doit être placé dans un endroit sec, il suffit de revêtir le toron de cuivre d'enveloppes de coton ou de soie, que l'on recouvre ensuite d'un ruban bitumé ; toutes ces enveloppes sont appliquées à l'aide de métiers du même genre.

Lorsqu'au contraire le câble doit être exposé à l'humidité, les enduits isolants et protecteurs doivent être beaucoup plus efficaces. Comme substances isolantes, on emploie alors le chanvre, le jute, des tresses de coton, du caoutchouc, de la gutta-percha, etc. Les deux dernières sont les meilleures. Sauf la gutta-percha, ces matières s'appliquent toutes à l'aide de métiers.

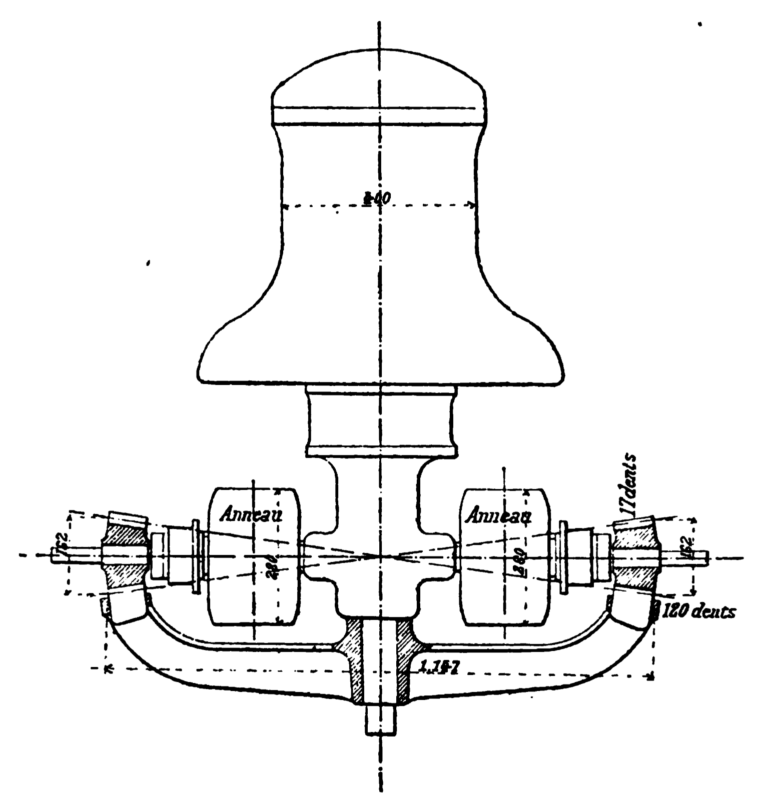


Fig. 136. — Cabestan électrique.

Si l'on fait usage de caoutchouc, il est souvent préférable de ne pas le mettre en contact direct avec le cuivre : on se sert alors de cuivre étamé, ou l'on entoure d'abord le conducteur d'un ruban de coton bitumé. Dans ce cas, le même métier qui réunit les fils de cuivre en toron, les recouvre en même temps d'un ruban bitumé et d'un ruban de caoutchouc pur, non vulcanisé, enroulés en sens inverse, et par-dessus lesquels il tresse en même temps une enveloppe de coton. On peut même appliquer successivement deux ou trois garnitures de ce genre, en changeant chaque fois le sens de l'enroulement.

La gutta-percha est appliquée à chaud, au moyen d'une presse hydraulique : elle sort par un orifice circulaire, plus ou moins large, suivant l'épaisseur qu'on veut lui donner. Le

toron de cuivre est guidé de manière à former toujours l'axe de la matière isolante. On recouvre ensuite au métier la gutta-percha de coton ou d'une autre substance textile. Certains câbles portent plusieurs couches de gutta, cimentées ensemble à l'aide de composition *Chatterton* (voyez ce mot).

Enfin les câbles peuvent être protégés par une armature de fer ou d'acier, ou par une garniture de plomb. Le fer et l'acier sont appliqués sans pression par des métiers de dimensions convenables.

Le plomb est appliqué de deux manières différentes, soit par fusion, soit en introduisant le câble dans un tuyau de plomb un peu plus large et passant ensuite le tout à la filière pour faire adhérer le métal.

La figure 137 montre divers genres de câbles:

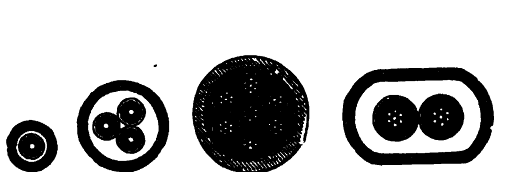
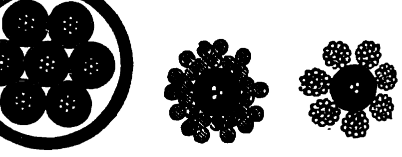




Fig. 137. — Câbles divers (Rattier).

les trois premiers sont des câbles sous plomb pour signaux et sonneries; les deux suivants, destinés à la telégraphie, sont recouverts du même métal; les deux derniers, destinés aux torpilles, sont en cuivre étamé, et entourés d'une armature de torons de fils de fer galvanisé.

Câbles Siemens. — Ces câbles sont à enveloppe de plomb entourée d'une gaine isolante, qui est recouverte elle-même par deux rubans de fer à spires non jointives, enroulés simultanément et en hélice; le tout est protégé par une enveloppe de jute goudronné. Le plomb est appliqué à froid à la presse hydraulique.

Ces câbles servent surtout pour les lignes souterraines destinées à l'éclairage. Ils contiennent à l'intérieur un fil isolé qui sert pour le retour, lorsqu'on veut mesurer les tensions sur un câble en service

Pour réunir deux câbles placés bout à bout, ou bien un conducteur principal et un conducteur secondaire, on dénude les extrémités de ces conducteurs, on les amène au contact, et on les serre, au moyen de quatre boulons, entre deux manchons de cuivre étamé. Le fil isolé, destiné au contrôle des tensions, passe en dehors de ce manchon. Le tout est placé dans une *boîte de jonction* en fonte, à double paroi, formée de deux coquilles réunies par des boulons. L'intérieur de la boîte et de la double paroi est rempli d'une matière isolante, et les joints sont protégés par des bourrelets en jute goudronné (Voy. CANALISATION).

Câbles Broocks. — Dans ces câbles, les conducteurs sont séparés par une couche de jute bien sec; ils sont placés ensuite dans des tubes de fer qu'on réunit avec soin et qu'on remplit d'huile de pétrole. Ils servent surtout pour la télégraphie et la téléphonie : un tube de fer de 4 centimètres de diamètre intérieur peut recevoir facilement jusqu'à 50 fils télégraphiques : l'isolement n'est pas aussi bon que par les méthodes ordinaires.

Câbles Berthoud et Borel (de Cortaillod). — Ces câbles, qui peuvent servir pour la télégraphie comme pour l'éclairage, sont très bien isolés. Les conducteurs, préalablement recouverts d'une ou plusieurs couches de matière textile, sont enroulés sur un tambour en fer percé d'un grand nombre de trous, que l'on plonge ensuite dans un bain à 200° ou 250°, formé d'huile de lin oxydée et de résine. On laisse se dégager complètement l'air et l'humidité, et, lorsque la surface du bain est devenue parfaitement calme, on enlève le tambour et on le place dans une caisse fermée, qu'on porte auprès de la presse destinée à faire le revêtement de plomb. De cette manière le câble n'a pas le temps de reprendre d'humidité. Pour éviter les inconvénients provenant de trous ou de défauts dans l'enveloppe de plomb, on peut en ajouter une seconde, qu'on sépare de la première par une couche de brai gras, résultant de la distillation du goudron de houille. Enfin les deux extrémités du câble sont entourées d'un manchon d'ébonite, suivant l'axe duquel se prolonge l'âme conductrice. On coule dans ces manchons de la paraffine fondue, qui produit une fermeture parfaitement étanche.

La figure 138 montre les principaux types de câbles Berthoud-Borel. On voit d'abord les différentes couches d'un câble sous double plomb,

pour sonneries et télégraphes, puis la coupe de divers câbles sous double plomb pour téléphone, télégraphe et lumière électrique.

Pour réunir les deux bouts d'un même câble, la maison Berthoud-Borel se sert de la première boîte (fig. 139); on voit que les divers

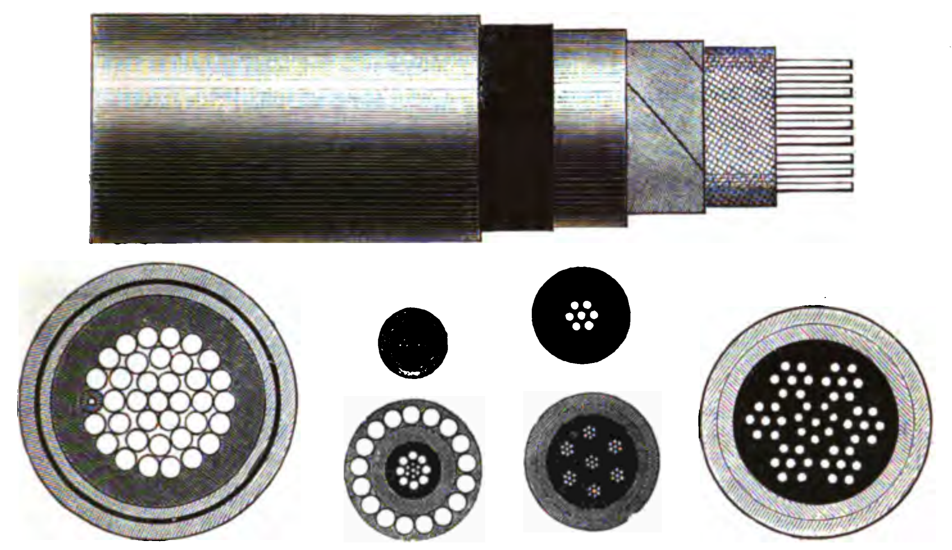


Fig. 138. — Câbles Berthoud-Borel, de Cortaillod (Suisse).

conducteurs des câbles sont séparés et réunis isolément. La seconde disposition sert à établir une dérivation par un procédé analogue. Dans les deux cas, la boîte est ensuite remplie

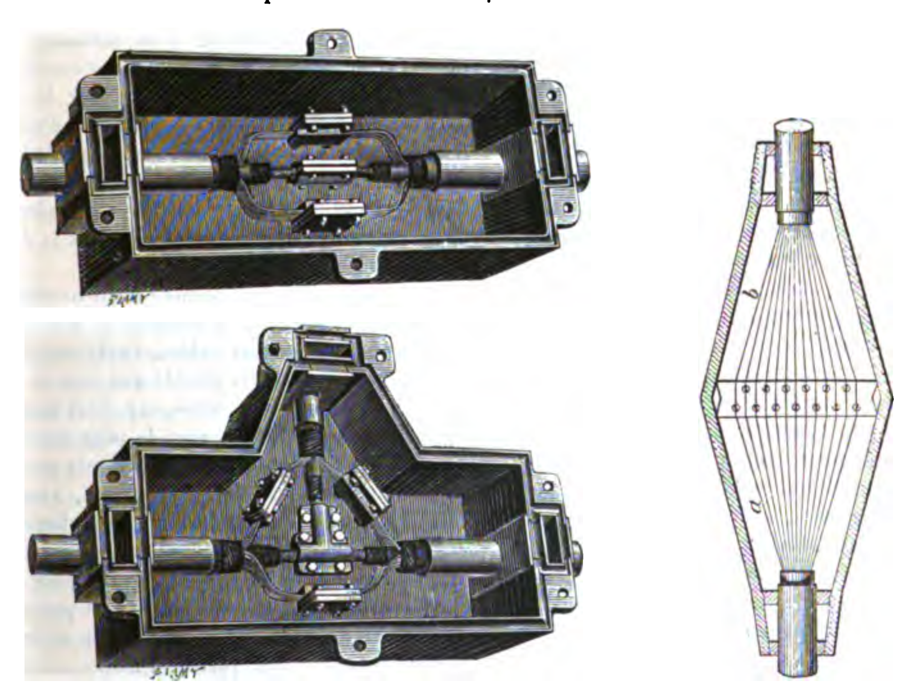


Fig. 139. — Boîtes de jonction Berthoud-Borel.

Fig. 140. — Jonction des câbles Berthoud-Borel.

de paraffine. Enfin, lorsque les câbles sont formés d'un grand nombre de conducteurs, pour éviter les mélanges, on sépare tous les fils, et on les raccorde séparément sur un bloc d'ébonite, comme le montre la figure 140.

Câbles Fortin-Hermann. — Dans ces câbles,

les brins conducteurs sont enfilés dans une série de perles en bois assez rapprochées pour se toucher les unes les autres. Ils peuvent alors être réunis en faisceau et introduits dans un tuyau de plomb sans qu'il se produise aucun contact entre les divers brins.

Mesure de l'isolement d'un câble ou d'un conducteur. — Cette mesure n'est autre chose qu'une mesure de résistance. Le câble est plongé dans l'eau acidulée, ses deux extrémités étant hors du liquide. L'une d'elles (1) est reliée à la pile, dont l'autre pôle communique avec une lame de cuivre (3) plongée dans le bain (fig. 141). On mesure ainsi la résistance

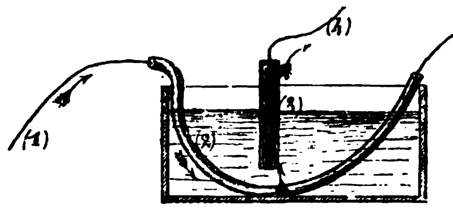


Fig. 141. — Mesure de l'isolement d'un conducteur.

de l'enveloppe isolante. On peut le faire par la méthode du pont de Wheatstone (Voy. Résistance); on peut se servir pour cela de la table que nous décrivons à l'article Mesures.

Pose des câbles. — Voy. Canalisation.

Câbles sous-marins. — Le premier câble sous-marin fonctionna entre Calais et Douvres en 1851; le premier câble transatlantique fut posé entre l'Irlande et Terre-Neuve en 1866. Les câbles destinés aux lignes télégraphiques sous-marines ne diffèrent pas en principe des précédents et sont composés des mêmes parties essentielles, mais ils doivent présenter évidemment des qualités d'isolement et de résistance mécanique toutes particulières, à cause de la traction considérable qu'ils subissent pendant la pose, et même une fois mis en place, et des dangers de toutes sortes qui les menacent au fond de la mer : destruction de l'isolement par les crustacés qui se logent dans le chanvre ou la gutta-percha, rupture ou usure par les animaux marins, les ancres et engins de pêche, les glaces flottantes, le frottement sur les rochers, etc... Ces causes d'accidents vont d'ailleurs en s'atténuant avec le temps, car il peut arriver que le câble s'enfonce peu à peu dans le sable ou dans la vase, ou se recouvre de dépôts et d'incrustations qui augmentent sa solidité.

Fabrication des câbles sous-marins. — Ces câbles sont formés d'un certain nombre de brins réunis en toron, généralement onze pour les câbles les plus gros; le brin placé suivant l'axe possède ordinairement un diamètre supérieur à celui des autres. Le toron est fabriqué au moyen d'un métier analogue à celui des passementiers, ainsi que nous l'avons indiqué plus haut, par fragments de 1 ou 2 milles marins (le mille vaut 1855,28 m.); ces morceaux sont ensuite réunis bout à bout.

On entoure ce toron d'une enveloppe de gutta-percha appliquée à chaud; mais auparavant on enduit le cuivre de composition Chatterton, pour l'empêcher d'être mis à nu si la gutta venait à se fendiller. Par-dessus l'enveloppe de gutta-percha, on enroule successivement et en sens inverse deux couches de chanvre imprégné de tannin pour le rendre inaltérable par l'eau. Un certain nombre de ces câbles peuvent être réunis en toron et entourés d'une nouvelle couche isolante qui les maintient : on a alors autant de conducteurs distincts que le câble contient de parties.

On entoure ensuite le câble d'une armature de fils de fer ou d'acier galvanisés, enroulés sans torsion et en spires jointives sur toute la longueur; cette armature est recouverte à son tour de deux enveloppes successives et enroulées en sens inverse, formées de chanvre imprégné de poix minérale ou d'un mélange d'asphalte et de silicate de chaux. Cette enveloppe, que l'on arrondit en faisant passer le câble à travers une plaque métallique percée d'un orifice de grosseur convenable, sert à protéger le fer contre la rouille. On l'enduit enfin de craie délayée dans l'eau, pour empêcher les spires de se coller les unes aux autres pendant la durée de la pose.

L'armature de fer est formée d'un nombre de fils variable, suivant la résistance mécanique qu'on veut donner aux câbles. Cette résistance doit être d'autant plus grande que l'on se rapproche davantage des côtes, car c'est dans ces parages que les câbles sont le plus exposés à l'action des tempêtes et aux accidents produits par les ancres, engins de pêche, etc... Aussi les câbles d'atterrissement portent, par-dessus la couche de chanvre extérieure, une seconde armature formée de gros fils de fer galvanisé, qui sont d'abord réunis en toron trois par trois; ces faisceaux sont ensuite enroulés en hélice autour du câble (fig. 142, n° 3).

Les fils de fer qui doivent servir à faire les armatures, et les câbles eux-mêmes, après leur fabrication, sont soumis à des essais ayant pour but de constater qu'ils présentent bien la résistance mécanique indispensable.

La figure 142 représente divers échantillons de câbles sous-marins et sous-fluviaux. Le premier est à sept conducteurs, formés chacun de sept brins de 0,8 mm. de diamètre; l'épaisseur du diélectrique est 8 mm.; l'armature est formée de 16 fils de fer galvanisés de 7 mm. Le second est un câble sous-marin formé d'un seul conducteur à sept brins; il est entouré par deux armatures de fils de fer galvanisé. Le troisième est un câble d'atterrissement à deux conducteurs formés de trois brins; la première armature est composée de treize fils de fer de 5 mm.; la seconde comprend douze torons de trois fils de même grosseur. Le quatrième est au contraire destiné aux mers profondes: il est formé de sept brins de bronze silicieux, et en-

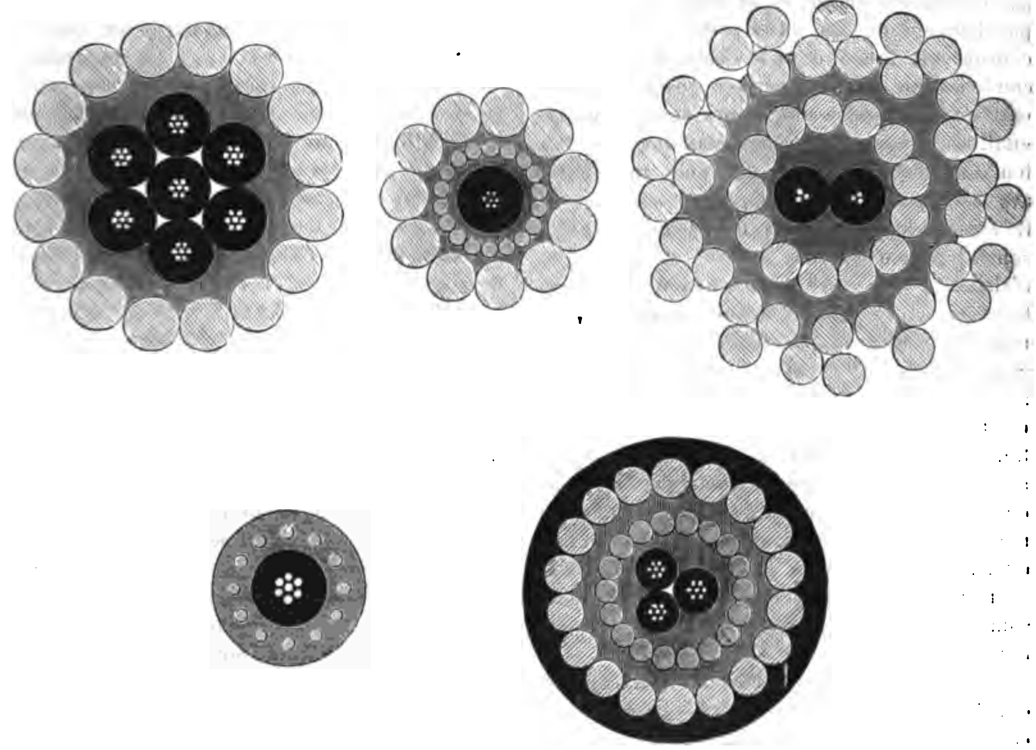


Fig. 142. — Câbles sous-fluviaux et sous-marins (Rattier).

touré d'une armature de douze fils de fer de 1,1 mm., couverts de filin à 4 mm.; il est isolé à la gutta-percha.

Enfin le dernier est un câble sous-fluvial à trois conducteurs, formés chacun de 7 brins; dans deux de ces conducteurs les brins sont de 0,6 mm.; dans le troisième, ils sont de 0,75 mm.; ce câble possède deux armatures de dix-huit fils de fer de 3 et de 5 mm., et il est enfin recouvert d'une composition asphaltique.

Pose et entretien des câbles sous-marins. — Avant de poser un câble, on fait des sondages nombreux pour déterminer la profondeur et la nature du fond, et l'on choisit le chemin le plus convenable. Le câble, enroulé sur de gros tambours, est embarqué sur des navires de fort tonnage, aménagés spécialement pour cet usage, et pouvant marcher à volonté en arrière et en avant. Le Faraday, le plus grand des navires destinés actuellement à la pose des câbles, a 360 pieds de long et jauge plus de 6000 tonneaux. Quoique à hélice, il a l'avant et l'arrière exactement semblables et munis chacun d'un gouvernail. Il peut porter 1 500 milles de câble.

L'extrémité étant fixée à terre, le navire s'éloigne filant le câble derrière lui nuit et jour jusqu'à ce qu'il soit arrivé au terme de sa course. Des freins permettent de régler la vitesse d'immersion. On fait suivre au câble, autant que possible, la forme du fond; le navire reste constamment en communication électrique avec le point de départ par l'intermédiaire du câble, ce qui permet de constater à chaque instant si la partie immergée est en bon état. Lorsque le câble est très long, la pose se fait

en plusieurs fois; c'est ce qui a lieu pour les câbles transatlantiques.

La transmission d'un courant électrique à travers les câbles sous-marins ne se fait pas aussi simplement que par un conducteur ordinaire. Ces câbles constituent en effet de véritables condensateurs, dont le collecteur est représenté par l'âme conductrice, le condenseur par l'armature de fer, et la lame diélectrique par l'enveloppe de gutta-percha. Lorsqu'un courant est lancé dans le câble, il charge ce condensateur avant d'arriver jusqu'à l'autre extrémité. Il faudra donc, pour envoyer un signal, un temps variable non seulement avec la longueur et la résistance du câble, mais aussi avec sa *capacité électrostatique par mille marin*. En général la vitesse de transmission est inversement proportionnelle à cette capacité, à la résistance et au carré de la longueur. La résistance est elle-même en raison inverse du diamètre de l'âme conductrice, et la capacité dépend du rapport des diamètres de l'âme et de l'enveloppe isolante. Il faut tenir compte aussi de la pénétration de l'électricité dans la substance diélectrique. Aucun récepteur ne transmet un signal d'Europe en Amérique en moins de 0,2 seconde. Le courant arrive graduellement, passe par un maximum, puis décroît jusqu'à zéro en un temps égal au premier. De là la nécessité d'employer pour la télégraphie sous-marine des récepteurs spéciaux (Voy. TÉLÉGRAPHIE).

Les réparations des câbles sous-marins nécessitent une série d'opérations extrêmement compliquées. Il faut d'abord déterminer par des procédés spéciaux dans quelle région exacte s'est produit le dérangement. Puis, afin que l'opération se fasse le plus promptement possible, des vaisseaux appartenant aux compagnies télégraphiques sous-marines et armés pour ce but spécial se tiennent constamment dans les parages où les accidents sont le plus fréquents.

CADRAN (TÉLÉGRAPHE A). — Voy. TÉLÉGRAPHE.

CADRE GALVANOMÉTRIQUE. — Bobine qui porte le fil du galvanomètre et renferme l'aiguille; elle est le plus souvent rectangulaire, quelquefois ovale (galvanomètre Thomson). Dans certains instruments, le cadre est en cuivre; les courants induits qui s'y développent alors amortissent rapidement les oscillations.

CAGE DE FARADAY. — Appareil imaginé par Faraday pour montrer que l'électricité se porte à la surface des corps conducteurs. C'est une cage en treillage métallique ou en bois recouvert d'étain; on peut la porter à un potentiel élevé sans que les corps placés à l'intérieur manifestent la moindre trace d'électrisation.

CALORIE. — Unité de quantité de chaleur : c'est la chaleur nécessaire pour élever de 0° à 1° la température de 1 kilogramme d'eau. On fait souvent aussi usage de son sous-multiple la *petite calorie* ou *calorie-gramme*, qui est la quantité de chaleur nécessaire pour échauffer de 0° à 1° un gramme d'eau. La destruction ou la production d'une calorie-gramme correspond à la production ou à la destruction de 0,425 kilogrammètre. C'est l'*équivalent mécanique* de la chaleur. En unités absolues, cet équivalent est $0{,}425 \times 10^8 \times g$ ergs ou $0{,}425 \times 10^{-2} \times g$ watts $= 4{,}17$ watts (en prenant $g = 981$).

AME CORRECTRICE. — Organe des appareils télégraphiques de Hughes et de Baudot.

CAISSE DE RÉSISTANCE. — Voy. BOITE DE RÉSISTANCE.

CALAGE DES BALAIS (ANGLE DE). — Voy. BALAI.

CANALISATION ÉLECTRIQUE. — Circuit réunissant une source d'électricité avec les appareils qu'elle doit actionner. Ce circuit peut être destiné à des courants de faible intensité (télégraphes et téléphones); il peut alors être aérien ou souterrain et formé de fils ou de câbles. Lorsqu'il doit transporter des courants de grande intensité (éclairage, transmission de l'énergie), il est le plus souvent souterrain et formé de câbles. Les conducteurs aériens sont généralement des *fils*, et leur ensemble est désigné sous le nom de *ligne* (voy. ces mots). Le nom de canalisation est plutôt réservé aux lignes souterraines, que nous traiterons seules ici. Le lecteur trouvera au mot CABLE tout ce qui a rapport aux lignes sous-marines.

Les canalisations souterraines sont quelquefois formées de fils, le plus souvent de câbles. Comme les conducteurs n'ont à supporter aucune traction, étant soutenus sur toute leur longueur, on les fait toujours en cuivre ou en bronze silicieux. Pour mieux protéger ces conducteurs, on les place ordinairement dans des conduites en fonte, en poterie ou en ciment; chaque conduite peut d'ailleurs recevoir un nombre variable de câbles. Les tuyaux présentent toujours de distance en distance des *regards* qui permettent de faire des essais en des points intermédiaires, de vérifier l'état des conducteurs et de les remplacer au besoin sur une partie de leur longueur. A chaque regard, les conducteurs doivent être numérotés, afin qu'on

puisse reconnaître facilement celui auquel on a affaire.

Dans les tuyaux de fonte ou de poterie, le conducteur est introduit à une extrémité, et on le fait pénétrer par traction de regard en regard.

Cette opération se fait à l'aide d'un treuil qu'on voit à gauche (fig. 143), et auquel est attaché par une ficelle un chariot de traction, formé de trois armatures contenant des galets en fonte d'un diamètre inférieur à celui des tuyaux, et disposés de telle sorte que le galet du milieu se trouve dans un plan perpendiculaire à celui qui contient les deux galets extrêmes. Ce chariot tire le câble, qui est attaché à son arrière par un grappin, et enroulé sur un tambour placé à droite de la figure. Le même procédé est utilisé pour les lignes militaires.

Pour les conduites en ciment, on a proposé de les faire en deux parties : on place d'abord la partie inférieure, dans laquelle on étend le conducteur sans le soumettre à aucune traction, puis on place et on scelle par-dessus la partie supérieure du tuyau. Dans ce cas, la pose du câble se fait très simplement : il est commode de l'enrouler sur un tambour porté par des roues de voiture et traîné par des chevaux. On fait passer l'appareil le long de la rigole de ciment, dans laquelle le câble se place facilement.

Dans les villes, on utilise ordinairement les égouts pour y placer les conducteurs souterrains, ce qui évite de creuser des tranchées et d'établir des conduits. On a en outre l'avantage de pouvoir examiner facilement les conducteurs

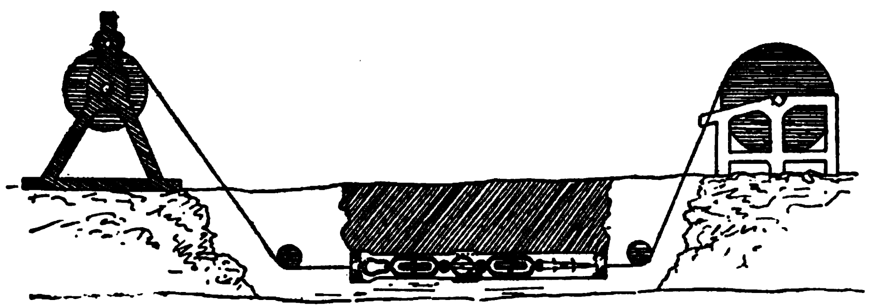


Fig. 143. — Traction des câbles dans les conduites de fonte.

sur toute leur longueur. Mais il est bon d'employer alors des câbles sous plomb, pour les préserver de l'action des gaz et des vapeurs qui se dégagent dans cette atmosphère viciée, ainsi que de la dent des rongeurs. Les canalisations en fonte sont employées en Angleterre, en Belgique, et sur les grandes artères françaises. Souvent aussi, en Belgique, on fait usage d'une sorte de caniveau en briques dans lequel le câble repose sur un lit de sable. Enfin, sur certaines lignes françaises, et en Allemagne, on n'emploie aucun conduit protecteur : le câble est simplement déposé au fond d'une tranchée de 1 mètre de profondeur. La figure 144 montre la construction d'une ligne souterraine, au moment où l'on place une sorte de cuve en fonte formant la chambre terminale.

Nous donnerons, pour terminer cet article, quelques indications sur les canalisations les plus récentes, notamment sur celles établies à Paris en 1889 par les diverses compagnies concessionnaires de l'éclairage électrique.

La Société Édison a établi une canalisation à trois fils, en circuits coniques, c'est-à-dire que les câbles vont en diminuant de section pour les uns et en augmentant pour les autres. Ces câbles sont en bronze silicieux. Ils sont placés dans des caniveaux en sable aggloméré (fig. 145) ayant 10 centimètres d'épaisseur, 37 de hauteur et 55 de largeur. Des traverses en fer, percées de 4 trous filetés, sont disposées de 2 mètres en 2 mètres pour supporter les isolateurs, qui sont des cloches doubles en porcelaine émaillée, fixées aux traverses par une vis et un écrou (fig. 146). Sur chaque cloche est vissée une pièce en fer galvanisé, munie d'une gorge profonde, dans laquelle on place les câbles, qui sont en cuivre nu.

Ces caniveaux sont établis à 15 centimètres de profondeur, sous les trottoirs. On a pratiqué au croisement des rues des puits de 6 ou 7 mètres de profondeur, reliés par une galerie de 1,5 m. de hauteur et 75 centimètres de largeur. Dans les petites rues, la compagnie, ne disposant que d'un emplacement beaucoup plus restreint, se sert de conduites rectangulaires en poterie.

La Société pour la transmission de la force

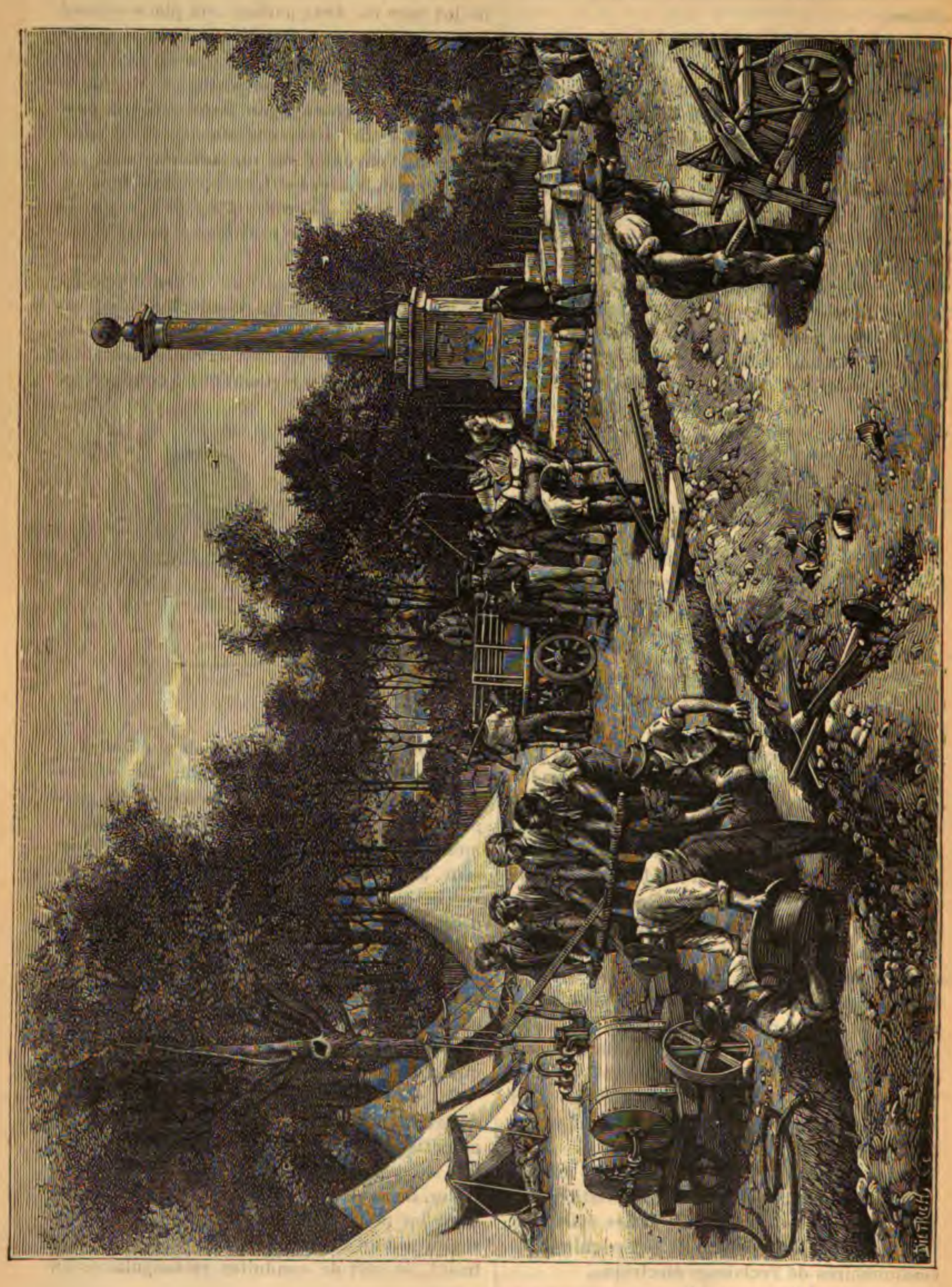


Fig. 144. — Construction d'une canalisation souterraine.

par l'électricité emploie également des fils de cuivre nu, placés sur des cloches en porcelaine, et maintenus par des barrettes en fer galvanisé, serrées à l'aide de boulons.

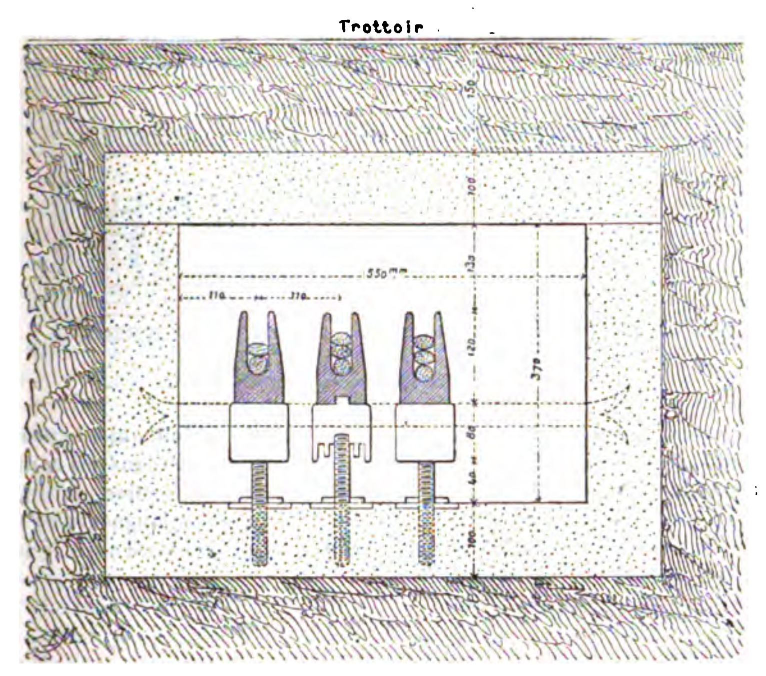


Fig. 145. — Canalisation de la compagnie continentale Édison.

La Compagnie V. Popp fait usage de tubes en fer de 20 centimètres de diamètre, semblables à ceux qu'elle emploie pour la distribution de l'air comprimé, et réunis par des bagues de caoutchouc et des colliers en fer à boulons. Les câbles reposent sur le fond de ces tuyaux (fig. 147).

Enfin le service municipal à basse tension a établi des caniveaux en ciment dans lesquels sont fixés des cadres en bois portant des crochets en fer vitrifié. Les câbles, soigneusement isolés au caoutchouc, sont posés sur ces crochets. Pour la distribution à haute tension, les câbles sont placés dans des moulures en bois installées dans des caniveaux du même genre.

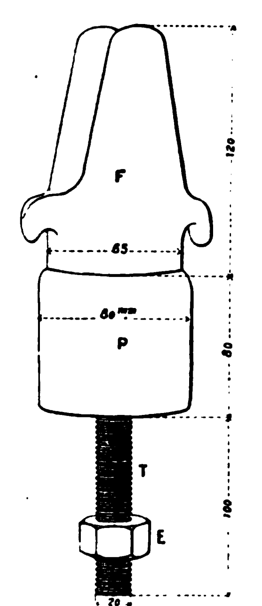


Fig. 146. — Isolateur en porcelaine.

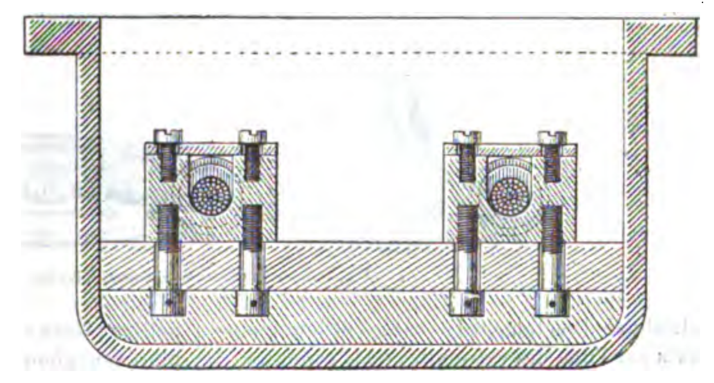


Fig. 147. — Canalisation de la compagnie V. Popp.

En Amérique, où l'éclairage électrique est très développé, les canalisations souterraines

sont généralement préférées aux fils aériens. A Chicago la canalisation, de forme cylindrique, comporte un grand nombre de trous au travers desquels passent les câbles. Des regards sont placés à tous les coins de rue pour envoyer les fils dans toutes les directions. A **Brooklyn**, on a examiné au bout de deux ans une ligne souterraine placée dans des tuyaux de bois enduit de créosote. Les garnitures de plomb étaient fortement attaquées par l'aide carbonique, lorsqu'elles étaient en plomb pur; celles qui étaient mélangées d'étain étaient restées intactes.

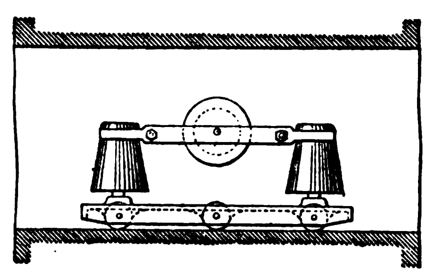
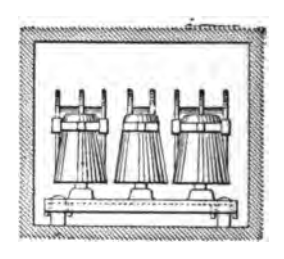



Fig. 148. — Canalisation Crompton avec supports mobiles.

La Société américaine Edison fait usage des dispositions indiquées à l'article Conducteur.

En Angleterre on se sert de systèmes particuliers. M. Crompton, qui a le premier employé des conducteurs nus dans des caniveaux, utilise des conducteurs à section carrée, qui se fabriquent par grandes longueurs et sont assez rigides pour qu'on puisse espacer les supports de 15 à 20 mètres. Ces supports sont des isolateurs en verre verni, reliés par des cordelettes à d'autres fixés sur des poutres transversales. Des trous d'homme sont placés de distance en distance. Les dérivations sont formées de câbles sous plomb.

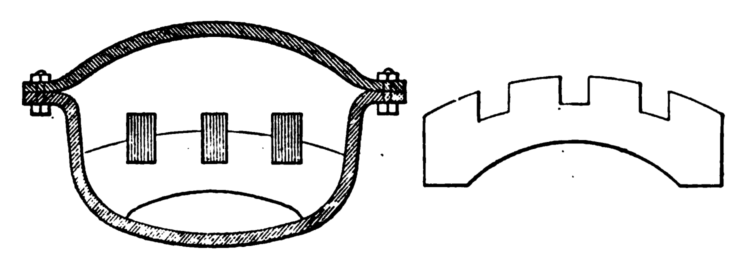


Fig. 149. — Canalisation de la Saint-James Company, à Londres.

Pour les cas où les conducteurs fixes sont d'un emploi difficile, M. Crompton a imaginé un petit chariot (fig. 148), qui porte des isolateurs. Ceux-ci soutiennent une poulie, sur laquelle s'appuie la bande de cuivre. On peut ainsi introduire directement les câbles et leurs supports par l'une des extrémités de la conduite.

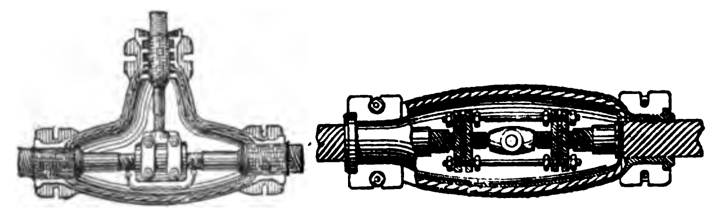


Fig. 150. — Canalisation Siemens, à Berlin.

La *Saint-James's and Pall Mall Electric Lighting Company* se sert de lames minces et plates de cuivre nu, qu'on réunit en nombre convenable pour obtenir la section voulue, au moyen de petites pièces en bronze. Ces conducteurs sont placés sur champ dans des trous carrés pratiqués dans des supports en faïence vernie, qui sont disposés dans une conduite en fonte, fermée par un couvercle boulonné. Ce système est peu coûteux; de plus, il tient peu de place et il est

parfaitement étanche. Les différentes pièces de la conduite sont réunies par des colliers en fonte qu'on remplit de soudure à l'étain (fig. 149).

En Allemagne, on emploie presque exclusivement le système Siemens. Les câbles (voy. ce mot) sont soigneusement isolés par une couche de jute imbibée de produits bitumineux, une enveloppe de plomb, une seconde couche de jute, et deux séries de lames de fer recouvertes d'un enduit protecteur. Ces câbles sont placés directement dans la terre, et réunis par des boîtes de jonction (fig. 150) qu'on remplit ensuite de goudron chaud et qu'on ferme au moyen d'une vis.

CANDLE. — Bougie de blanc de baleine, qui sert en Angleterre d'unité d'intensité lumineuse; l'unité française, qui est la bougie stéarique de l'Étoile, vaut environ 1,15 candle; l'étalon Carcel, de 23,5 mm. de diamètre, brûlant par heure 42 grammes d'huile de colza épurée, qui équivaut à 6,5 bougies françaises, vaut par conséquent à peu près 7,4 candles. Enfin la candle vaut environ 0,06 unité absolue; cette unité absolue étant l'intensité, dans la direction normale, d'un centimètre carré d'un bain de platine à la température de fusion.

CANNE LUMINEUSE. — Canne dont la pomme, semblable aux bijoux lumineux (Voy. ce mot), renferme une petite lampe à incandescence qu'on peut actionner à l'aide d'une pile placée, ainsi que son commutateur, dans la canne elle-même.

CANNE THERMOMÉTRIQUE EXPLORATRICE. — Voy. Thermomètre.

CANOT ÉLECTRIQUE. — Voy. Bateau.

CAOUTCHOUC. — Le *caoutchouc* ou *gomme élastique* est un carbure d'hydrogène qu'on retire d'un certain nombre de plantes équatoriales, notamment le *ficus elastica* (*artocarpées*), le *siphonia cahuchu* (*euphorbiacées*), et l'*iatropha elastica*.

Le caoutchouc parfaitement pur est blanc, translucide. Celui du commeree est d'un brun jaune, flexible, sensiblement imperméable. Son élasticité diminue quand la température s'abaisse.

Un mélange de caoutchouc et de soufre, porté à 130°, éprouve une modification profonde; c'est le *caoutchouc vulcanisé*. Il est extrêmement souple, nerveux et élastique. Il ne durcit pas par le froid et ne se ramollit pas par la chaleur; il offre une grande résistance à la compression; il n'est pas attaqué par les dissolvants ordinaires du caoutchouc; mais il ne se soude pas à lui-même.

Le caoutchouc est employé quelquefois comme isolant; il isole mieux que la gutta-percha; mais il n'adhère pas au métal et il est plus difficile à appliquer.

CAP. — Angle que fait l'axe d'un navire avec l'aiguille de la boussole marine.

CAPACITÉ ÉLECTROSTATIQUE. — Lorsqu'on met un conducteur isolé en communication avec une source d'électricité, la charge qu'il prend ne dépend pas seulement du potentiel de cette source; elle varie encore avec la forme et les dimensions du conducteur; c'est ce qu'on définit par la capacité. Supposons qu'on donne d'abord une charge telle qu'il ait un potentiel V, puis qu'on ajoute une nouvelle quantité d'électricité égale à la première, il est évident que le potentiel sera devenu double également. La charge d'un conducteur M est donc proportionnelle à son potentiel V.

$$M = CV.$$

C est la capacité du conducteur.

Si l'on suppose $V = 1$, il reste $M = C$; la capacité est donc la charge qu'il faut donner au conducteur pour lui faire acquérir un potentiel égal à l'unité.

Nous avons supposé implicitement que le conducteur était assez éloigné de tout autre corps pour ne subir aucun phénomène d'influence. Nous montrerons (Voy. Condensateur) que le voisinage d'autres conducteurs a généralement pour effet d'augmenter la capacité. La définition qui précède doit donc être complétée ainsi : *La capacité d'un conducteur est la charge qu'il faut lui donner pour lui faire prendre un potentiel égal à 1, tous les conducteurs qui l'entourent étant en communication avec le sol.*

Capacité d'une sphère. — Nous citerons comme exemple la capacité d'une sphère, qui est très facile à déterminer. Soit M sa charge et R son rayon. Le potentiel est le même en tous les points intérieurs : or au centre il est $\frac{M}{R}$; on a donc

$$V = \frac{M}{R}$$

ou

$$M = RV.$$

La capacité d'une sphère est égale à son rayon. — La capacité d'un conducteur est donc de l'ordre des longueurs et s'exprime, comme une longueur, en centimètres.

Unités de capacité. — Dans le système électrostatique C. G. S., l'unité de capacité est la capacité d'une sphère d'un centimètre de rayon.

On emploie surtout le *farad*, unité pratique du système électromagnétiqne, et son sous-multiple le *microfarad* (Voy. FARAD).

Capacité de la terre. — La capacité de la terre dans le système électrostatique est égale à son rayon en centimètres, c'est-à-dire à

$$\frac{4 \times 10^9}{2\pi}$$

unités électrostatiques C.G.S., ou bien à

$$\frac{4.10^9}{2\pi \times 3^2 \times 10^5} = 708 \text{ microfarads.}$$

Remarque. — Le mot capacité indique une certaine analogie avec la capacité calorifique, mais tandis que cette dernière est une constante qui ne dépend que de la nature et du poids du corps, la capacité électrique d'un conducteur est indépendante de ces deux quantités, mais elle varie avec la forme et les dimensions et dépend même des corps voisins.

Mesure de la capacité. — Voy. CONDENSATEUR.

CAPACITÉ INDUCTIVE SPÉCIFIQUE. — Voy. POUVOIR INDUCTEUR.

CARACTÉRISTIQUE. — Courbe construite en prenant pour abscisses les intensités et pour ordonnées les forces électromotrices d'une machine d'induction, qui tourne avec une vitesse constante; cette courbe indique l'allure de la machine et permet d'en étudier le fonctionnement d'une manière très simple.

1° *Machines magnéto-électriques et machines à excitatrice.* — Dans une machine d'induction, la force électromotrice E est proportionnelle au nombre des spires de la bobine induite n, à l'intensité du champ magnétique F et enfin à la vitesse de rotation V. On peut donc écrire, en choisissant convenablement les unités :

$$E = nvF.$$

D'autre part, l'intensité du courant induit est donnée par

$$E = IR,$$

R étant la résistance totale du circuit.

L'expérience montre cependant que ces formules ne sont pas exactes : si l'on fait varier la vitesse de rotation, la force électromotrice n'est pas proportionnelle à cette vitesse, mais augmente moins vite que ne l'indique la formule; de plus, si l'on fait varier la résistance R, en modifiant le circuit extérieur, les valeurs de l'intensité ne sont pas en raison inverse de cette résistance, ce qui devrait être, puisque la force électromotrice doit être constante, d'après la première formule.

Ces différences peuvent s'expliquer par la réaction du courant induit sur l'inducteur, réaction qui a pour effet de diminuer l'intensité du champ d'autant plus que ce courant est plus intense. Pour tenir compte de cette influence, on peut admettre, comme première approximation, que l'affaiblissement du champ est proportionnel à l'intensité et remplacer F par

$$F' = F - AI,$$

ce qui donne

$$E = nvF - AnvI.$$

La courbe qui représente cette équation, en prenant les intensités pour abscisses et les forces électromotrices comme ordonnées est la *caractéristique* de la machine ; dans ce cas c'est une ligne droite qui s'abaisse régulièrement à partir de l'axe des y. Elle représente suffisamment les résultats de l'expérience, car elle est d'accord avec les valeurs trouvées par M. Silvanus Thompson pour une machine magnéto de Gramme.

D'autre part, en faisant varier la résistance de manière à maintenir l'intensité constante, M. Joubert a obtenu les résultats suivants :

Nombre de tours par minute.	E en volts.	Rapport $\frac{E}{V}$.
500	103	0,206
720	145	0,201
1070	208	0,194

On voit que dans ce cas la force électromotrice est presque proportionnelle à la vitesse.

2° *Machines dynamo-électriques.* — Les considérations précédentes ne peuvent évidemment pas s'appliquer aux machines dynamos, dans lesquelles le champ magnétique est produit par le courant induit lui-même ; la valeur du champ est donc une fonction de l'intensité.

$$F = f(I).$$

D'ailleurs on a toujours

$$E = nvF$$

et

$$E = IR.$$

On peut tirer de là, en éliminant E et F

$$I = \frac{nv}{R} f(I),$$

ou

$$\frac{I}{f(I)} = \frac{nv}{R}.$$

Si l'on connaissait la forme de la fonction $f(I)$, on pourrait résoudre l'équation. Cette forme

étant inconnue, supposons, comme première approximation, qu'on puisse mettre le premier membre sous la forme A + BI.

$$\frac{nv}{R} = A + BI.$$

Les expériences de M. Frölich sur une machine Gramme et sur une machine Siemens et Halske montrent que, entre certaines limites, cette formule est suffisamment exacte.

Remplaçons enfin dans cette équation R par $\frac{E}{I}$; il viendra

$$nvI = E(A + BI).$$

ou

$$BEI - nvI + AE = 0.$$

Si l'on porte l'intensité I en abscisse et E en ordonnée, cette équation représente une hyperbole équilatère EOE', passant par l'origine et ayant ses asymptotes parallèles aux axes et situées l'une à une distance $\frac{nv}{B}$ au-dessus de l'axe des x, l'autre à une distance $\frac{A}{B}$ à gauche de l'axe des y. La branche de cette courbe comprise dans l'axe XOY a été nommée par M. Marcel Deprez la *caractéristique* de la machine (fig. 151) ; il l'obtient expérimentalement en

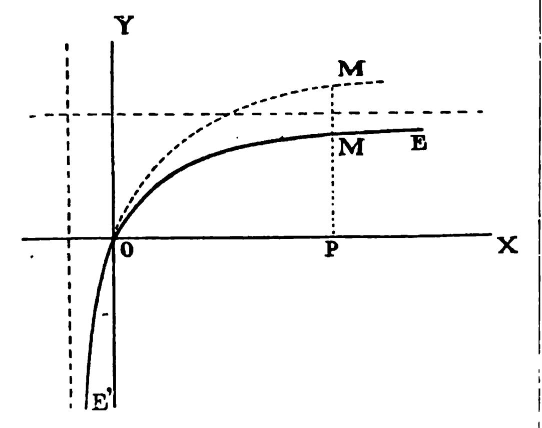


Fig. 151. — Caractéristique d'une machine dynamo-électrique.

faisant passer dans l'inducteur, séparé du circuit, le courant d'une source distincte dont on fait varier l'intensité, et déterminant dans chaque cas la force électromotrice correspondante.

Influence de la vitesse. — L'étude de cette courbe permet de se rendre compte facilemen du fonctionnement de la machine. Ainsi l'on peut, à l'aide de la caractéristique qui correspond à une vitesse v, obtenir facilement celle qui est relative à une autre quelconque v'. En effet, l'équation peut s'écrire

$$E = \frac{nvI}{A + BI}.$$

On voit que E est proportionnel à v, toutes choses égales d'ailleurs. Il suffit donc, pour avoir la nouvelle caractéristique, de faire varier toutes les ordonnées dans le rapport $\frac{v'}{v}$

$$\frac{PM'}{PM} = \frac{v'}{v}.$$

Par conséquent, connaissant la caractéristique pour une vitesse v, on peut trouver ainsi la vitesse v' avec laquelle il faut faire tourner la machine pour obtenir une force électromotrice donnée E', connaissant soit la résistance totale, soit l'intensité. Si l'on connaît par exemple l'intensité I, on prend OP = I et l'on mesure PM = E. L'ordonnée de la caractéristique cherchée doit être E'. On a donc

$$\frac{v'}{v} = \frac{E'}{E}.$$

La vitesse actuelle doit donc être multipliée par $\frac{E'}{E}$. On peut de même chercher la valeur de E' pour une vitesse donnée v', ou la valeur de I pour avoir une force électromotrice déterminée E' avec une vitesse donnée v', etc. Enfin, si le circuit contenait une force contre-électromotrice, il n'y aurait qu'à la retrancher de la force électromotrice.

Influence du nombre des spires de l'induit. — On obtiendrait de la même manière la caractéristique qui correspondrait à un autre nombre n' de tours de spires de l'induit, toutes choses égales d'ailleurs.

Influence de la résistance. — Joignons maintenant l'origine O à un point quelconque M de la caractéristique (fig. 152). On a

$$\text{tg MOP} = \frac{MP}{OP} = \frac{E}{I} = R.$$

La tangente trigonométrique de l'angle MOP représente donc la résistance totale du circuit, lorsque l'intensité est figurée par la longueur OP. On voit que si cette résistance va en diminuant, l'intensité augmente d'une façon continue ; la force électromotrice croît d'abord très vite, puis devient à peu près constante.

Si l'on augmente au contraire cette résistance, la plus grande valeur pour laquelle on puisse obtenir un courant correspond évi-

demment à la tangente trigonométrique de l'angle XOT, formé par la droite OT, tangente à la courbe au point O. Si la résistance dépasse cette limite, la machine ne fournit plus de courant. Cependant, en augmentant la vitesse, on peut relever la caractéristique, et par suite augmenter la valeur de cette limite. On connaît donc ainsi la plus petite vitesse pour laquelle la machine donnera un courant dans un circuit de résistance connue. On nomme *tours morts* les tours effectués par l'induit avant d'avoir atteint cette vitesse.

Si, pendant la marche, la vitesse se ralentit au-dessous de cette limite, la machine est *désamorcée*.

Différence de potentiel entre deux points. — La caractéristique permet encore de trouver la différence de potentiel ε qui existe entre deux

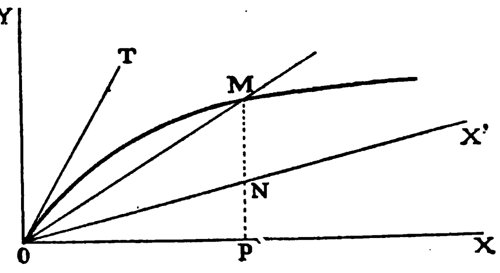


Fig. 152. — Mesure des différences de potentiel à l'aide de la caractéristique.

points quelconques du circuit. Soit en effet r la résistance de la partie du circuit limitée par ces deux points et comprenant la machine, et R la résistance totale. On a, d'après les lois d'Ohm

$$\frac{\varepsilon}{E} = \frac{R - r}{R}.$$

Menons une droite OX′ telle que

$$\text{tg PON} = r$$

et la droite OM, qui correspond à la résistance totale R, de sorte que l'on ait

$$\text{tg POM} = R.$$

D'où

$$\frac{r}{R} = \frac{PN}{PM}$$

$$\frac{R - r}{R} = \frac{PM - PN}{PM} = \frac{MN}{PM} = \frac{\varepsilon}{E}.$$

Mais PM = E. Donc MN = ε.

On peut notamment trouver de cette manière la différence de potentiel aux bornes de la machine, en faisant r égale à la résistance même de la machine.

Détermination expérimentale de la caractéristique. — Pour obtenir cette courbe expérimentalement, il suffit de faire varier la résistance extérieure et de mesurer l'intensité correspondante à l'aide d'un ampèremètre.

Si la machine est excitée en dérivation, on fait encore de même, mais on excite les inducteurs par un courant indépendant et constant.

Caractéristique externe. — Soit r la résistance de la machine et OX′ la droite déterminée par

$$\text{tg PON} = r.$$

Si, après avoir construit la courbe OM, on la considère comme rapportée aux axes OX′ et OY, on voit que les ordonnées telles que MN indiqueront, non plus la force électromotrice, mais la différence de potentiel aux bornes. C'est pourquoi elle a été désignée par M. Silvanus Thompson sous le nom de *caractéristique externe*.

Caractéristique d'une machine à double excitation. — Considérons maintenant une dynamo qui reçoit une double excitation, les inducteurs ayant deux fils, dont l'un est parcouru par le courant d'intensité i d'une excitatrice indépendante, l'autre étant monté en série sur la machine elle-même.

Soient R la résistance extérieure, r celle de l'induit, ρ celle des inducteurs

$$I = \frac{E}{R + r + \rho}.$$

D'autre part on peut admettre que la force électromotrice est sensiblement proportionnelle au champ magnétique ou à $I + i$, ce qui donne

$$kE = nv(I + i).$$

Cette équation représente la caractéristique de la machine.

Éliminons I; il vient

$$E = \frac{nvi(R + r + \rho)}{k(R + r + \rho) - nv}.$$

Cherchons maintenant la différence de potentiel ε aux bornes; on a

$$\frac{\varepsilon}{E} = \frac{R}{R + r + \rho};$$

d'où

$$\varepsilon = \frac{nviR}{k(R + r + \rho) - nv} = \frac{nvi}{k + \frac{k(r + \rho) - nv}{R}},$$

Ce qui montre que la double excitation permet de rendre constante la différence de po-

tentiel, quelle que soit la résistance R; il suffit qu'on ait

$$k(r+\rho)-nv=0.$$

L'équation précédente se réduit alors à

$$\iota=\frac{nvi}{k}.$$

On voit donc que ι n'est constant que pour une même valeur de la vitesse.

Supposons au contraire que le fil parcouru par le courant de la machine soit monté en dérivation; soit ι' le courant qu'il reçoit, i'' celui qui parcourt le circuit extérieur, et I le courant total.

L'équation de la caractéristique est

$$k\mathrm{E}=nv(i+i'),$$

et l'on a (Voy. Courants dérivés).

$$\mathrm{I}=i'+i''$$
$$i'\rho=i''\mathrm{R}$$
$$\mathrm{I}=\frac{\mathrm{E}(\mathrm{R}+\rho)}{r(\mathrm{R}+\rho)+\mathrm{R}\rho}.$$

En éliminant E, I et i' entre ces quatre équations, on trouve

$$i''=\frac{nvi\rho}{kr\rho+\mathrm{R}(kr+k\rho-nv)}.$$

L'intensité i'' sera donc indépendante de r si l'on a

$$kr+k\rho-nv=0,$$

et l'on aura

$$i''=\frac{nvi}{kr}.$$

Cette condition est la même que plus haut. Une même machine pourra donc satisfaire à l'une quelconque des deux conditions, en changeant seulement, à l'aide d'un commutateur, les liaisons entre les différents fils.

Le calcul se ferait de même pour une machine compound.

CARILLON ÉLECTRIQUE. — Petit appareil montrant les attractions et répulsions électriques. Trois timbres sont suspendus à la même hauteur (fig. 153), les deux extrêmes par des chaînes qui les mettent en communication avec une machine électrique, celui du milieu par un fil de soie isolant. Ce dernier est relié au sol par une chaîne. Deux petites balles métalliques sont suspendues par des fils de soie à égale distance des timbres. Lorsque la machine fonctionne, les timbres extrêmes sont par exemple positifs, et celui du milieu se charge négativement par influence. Les balles métalliques viennent frapper l'un des timbres voisins et se charger à son contact : elles sont alors repoussées par celui-ci et attirées par l'autre, qu'elles

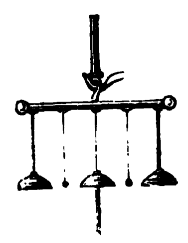


Fig. 153. — Carillon électrique.

vont frapper à son tour. Le mouvement alternatif continue tant qu'on fait marcher la machine.

Bouteille à carillon. — La même expérience peut se faire avec une bouteille de Leyde, une balle métallique étant suspendue par un fil de soie entre deux timbres dont l'un est placé sur la tige qui termine l'armature intérieure et l'autre sur une tige qui communique avec l'armature extérieure. Les deux armatures ayant des charges contraires, la balle frappe alternativement les deux timbres, et la bouteille se décharge peu à peu; l'araignée de Franklin montre le même phénomène.

CARREAU CONDENSATEUR, CARREAU DE FRANKLIN OU DE LEYDE. — Condensateur formé de deux feuilles d'étain collées sur les deux faces d'une lame de verre, dont les bords sont vernis à la gomme laque.

CARREAU ÉTINCELANT ou **TABLEAU MAGIQUE.** — On donne quelquefois ce nom à un condensateur qui diffère du précédent seulement par la substitution de limaille métallique à l'une des feuilles d'étain; on voit des étincelles pendant la charge et la décharge comme avec la bouteille de Leyde étincelante.

Le plus souvent on désigne sous ce nom une lame de verre sur l'une des faces de laquelle on a collé des bandes d'étain horizontales et très étroites; chacune de ces bandes est reliée avec la suivante à une extrémité, mais la communication se fait alternativement à gauche et à droite, de sorte que l'ensemble forme un conducteur continu et en zigzag du haut en bas de la plaque de verre. On pose cette plaque sur un dessin quelconque, et l'on coupe les bandes d'étain en chaque point où elles rencontrent le dessin. L'appareil ainsi préparé, il suffit de relier le haut des bandes d'étain avec une machine électrique et le bas avec le sol : des étincelles jaillissent à toutes les interruptions et reproduisent le dessin.

CARTE MAGNÉTIQUE. — Voy. MAGNÉTISME TERRESTRE et DÉCLINAISON.

CARTOUCHE ÉLECTROLYTIQUE. — M. Tommasi a imaginé plusieurs sortes de cartouches, qui, au lieu de matières dangereuses à transporter, telles que poudre, dynamite, etc., renferment seulement des liquides inoffensifs. L'un des modèles est formé d'un tube de verre épais, rempli d'une solution concentree de carbonate de potasse et traversé aux deux bouts par des fils de platine. Lorsqu'on fait passer un courant dans l'appareil, l'hydrogène et l'acide carbonique qui prennent naissance font éclater la cartouche, lorsqu'ils ont atteint une pression suffisante. Un autre modèle, qui contient une solution de chlorure d'ammonium, donne par l'électrolyse de l'acide chlorhydrique et du chlorure d'azote, corps très explosif.

Ces cartouches peuvent être employées utilement dans les mines, les carrières, le percement des tunnels, etc.

CASSE-FIL ÉLECTRIQUE. — Disposition destinée à avertir au moyen d'une sonnerie lorsque le fil d'un métier vient à casser ou même à arrêter le métier. Le casse-fil de M. Richard est extrêmement simple. Avant d'arriver au point où il doit être utilisé, le fil, maintenu horizontal, porte un petit cavalier de platine en forme d'U renversé. Au-dessous du cavalier est un vase de verre à deux compartiments contenant du mercure. Lorsque le fil casse, le cavalier tombe et ses deux branches, plongeant dans les deux compartiments, ferment un circuit qui contient une pile et une sonnerie, ou même un appareil destiné à arrêter le métier.

Le casse-fil peut prévenir également lorsque le fil présente des rugosités trop considérables; il suffit qu'il traverse une plaque métallique percée d'un trou de diamètre convenable. Si le fil est trop gros, il est arrêté par la plaque, casse, et le cavalier tombe.

CATHION. — Élément qui, dans l'électrolyse d'un composé, suit le sens du courant et se porte à l'électrode négative, le bain étant dans le circuit extérieur.

CATHODE. — Électrode négative d'un bain galvanique, sur laquelle se portent l'hydrogène et les métaux.

CAUTÈRE CHIMIQUE, GALVANIQUE, THERMIQUE. — Voy. GALVANOCAUTÈRE.

CAUTÉRISATION GALVANIQUE. — Voy. GALVANOCAUSTIQUE.

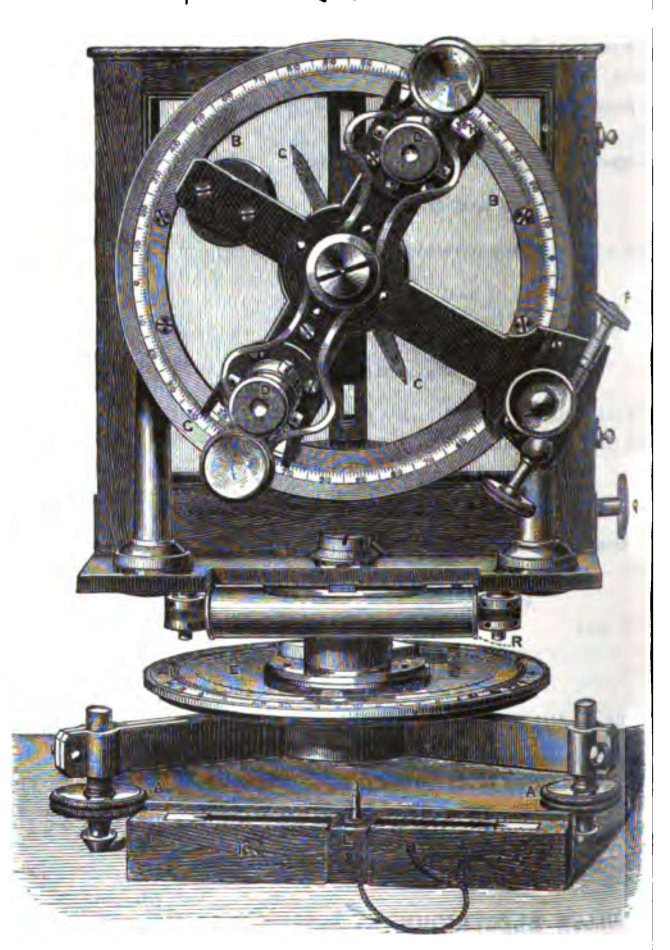


Fig. 154. — Cercle de Barrow.

CERCLE DE BARROW. — Instrument servant à la mesure de l'inclinaison et de l'intensité totale du champ terrestre.

La figure 154 représente l'instrument disposé pour les mesures d'inclinaison : l'aiguille C est dans une sorte de boîte fermée en arrière par une feuille de verre taillé B, et terminée en avant par le cercle G, sur lequel tourne un bras mû par une vis tangente P, auquel est fixée une alidade portant des microscopes D et

des verniers H munis de loupes. L'appareil peut tourner autour d'un axe vertical et la rotation est mesurée par un vernier sur le cercle E ; l'axe doit être d'abord rendu bien vertical à l'aide du niveau R et des vis calantes.

On sait que trois méthodes peuvent être employées pour mesurer l'inclinaison (Voy. CHAMP TERRESTRE ET INCLINAISON) : on peut tourner l'appareil sur le cercle E jusqu'à ce que l'aiguille fasse l'angle minimum avec l'horizontale ; elle est alors dans le méridien, et cet angle est l'inclinaison. On peut s'appuyer aussi sur ce que l'aiguille se place verticalement lorsqu'elle est dans un plan perpendiculaire au méridien. Enfin la meilleure méthode consiste à déterminer les angles i' et i'' que fait l'aiguille avec l'horizon dans deux plans rectangulaires quelconques ; on a l'inclinaison i par la formule

$$\cot^2 i = \cot^2 i' + \cot^2 i''.$$

Si l'on emploie la première méthode, qui est la moins précise, on agit sur la vis jusqu'à ce qu'on voie l'une des extrémités de l'aiguille au centre du champ d'un des microscopes, puis on tourne l'appareil, en agissant sur la vis P de manière à voir toujours la pointe de l'aiguille dans le microscope, et l'on s'arrête quand l'inclinaison est minimum.

On note la position des deux verniers ; si l'autre pointe de l'aiguille n'est pas au centre du champ du second microscope, on l'y amène à l'aide de la vis, on lit de nouveau les verniers, et on prend la moyenne.

Dans la seconde méthode, pour amener l'aiguille exactement dans le méridien magnétique, on s'appuie sur ce qu'elle se tient verticale dans le plan perpendiculaire au méridien. On fait coïncider les zéros des verniers H avec la ligne 90°-270°, et on tourne jusqu'à ce que les extrémités de l'aiguille soient au centre du champ des microscopes. On fait la même correction que plus haut ; puis on tourne l'appareil sur le cercle E de 90° exactement : l'aiguille est dans le méridien, et l'on détermine l'inclinaison avec les précautions indiquées ci-dessus.

Enfin, si l'on a recours à la troisième méthode, ce qu'on fait le plus souvent, on mesure l'angle de l'aiguille dans un azimuth quelconque, en opérant comme nous l'avons dit, puis on tourne l'appareil sur le cercle E de 90° exactement, et l'on recommence la mesure. On a ainsi deux angles i' et i'' qui permettent de calculer l'inclinaison par la formule ci-dessus.

Quel que soit le procédé employé, pour avoir des résultats très exacts, on doit prendre encore quelques précautions. On refait toutes les lectures en retournant l'aiguille sur ses supports, de sorte que l'extrémité de son axe qui était d'abord dirigée vers la face de l'instrument soit tournée vers le fond ; puis on refait les lectures de l'inclinaison en retournant la boîte de 180° ; enfin on réaimante l'aiguille en sens contraire en la plaçant dans le support de bois K, où on l'assujettit par la pince L ; on recommence ensuite toutes les lectures. On corrige ainsi les erreurs dues à ce que l'aiguille n'est pas suspendue par son centre de gravité, à ce que l'axe de symétrie ne coïncide pas avec la ligne des pôles, et celles qui sont dues aux iné-

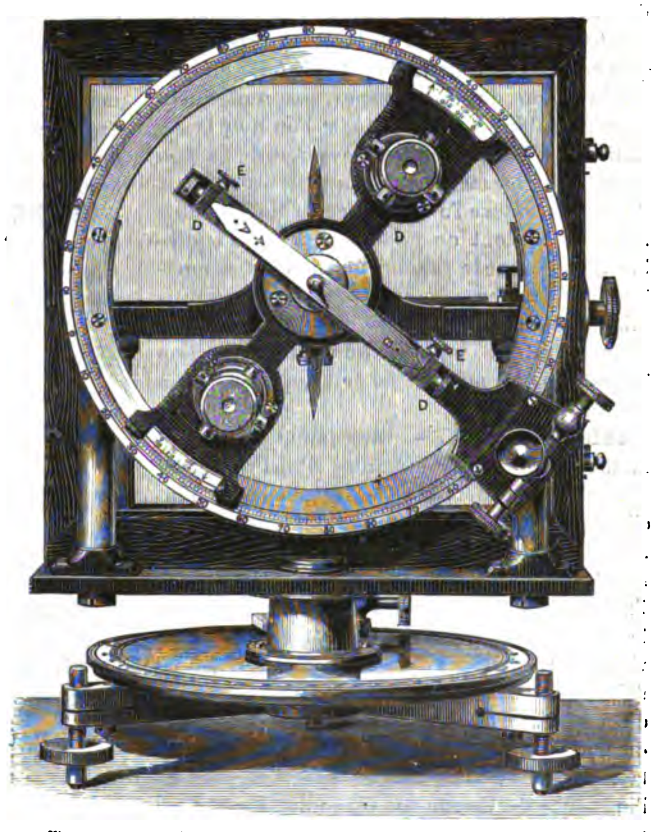


Fig. 155. — Cercle de Barrow disposé pour la mesure de la force totale.

galités affectant l'équilibre de l'aiguille ou de son pivot. Cela fait trente-deux lectures pour l'inclinaison, et quatre pour déterminer le méridien.

Le cercle de Barrow sert aussi à déterminer l'intensité totale du champ terrestre; la figure 155 le montre disposé pour cette mesure. On se sert pour cela de deux aiguilles additionnelles 3 et 4. L'aiguille 3 est une aiguille d'inclinaison ordinaire; l'autre est munie d'un petit contre-poids fixe, agissant en sens contraire du champ terrestre. On place l'aiguille 3 dans l'appareil et l'on fixe l'aiguille 4 sur le bras DD, comme le montre le dessin; puis on tourne la vis P jusqu'à ce que l'aiguille mobile 3 se trouve au centre du champ des microscopes, par conséquent perpendiculaire à l'aiguille 4, et l'on note la déviation, qui fait connaître le rapport de l'action terrestre au moment magnétique de l'aiguille 4. Ensuite on enlève l'aiguille 3 et on lui substitue l'aiguille 4, dont on note la position d'équilibre : elle donne le rapport du moment magnétique au moment du contre-poids. En multipliant les deux lectures, on élimine le moment magnétique, et l'on a le quotient de l'action terrestre par le moment du poids, qui est connu d'avance.

CERCLE DE FOX. — Instrument employé à la mer pour les observations d'inclinaison et d'intensité magnétique. C'est une boussole d'inclinaison analogue au cercle de Barrow, dont l'aiguille est entre deux cercles gradués parallèles, le cercle antérieur étant plus petit que l'autre. Ces deux cercles ont leurs zéros sur le diamètre horizontal, de sorte que les divisions se correspondent exactement. L'axe de l'aiguille se termine par des pivots cylindriques très courts, tournant dans des trous garnis de rubis. Cette disposition diminue un peu la sensibilité, mais elle garantit l'aiguille de l'influence du tangage ou du roulis. Le tout est renfermé dans une boîte cylindrique de laiton.

Les mesures d'inclinaison se font en plaçant le limbe dans le méridien, et lisant les divisions placées en regard des deux pointes de l'aiguille. On retourne le limbe de 180° et l'on refait deux lectures. On prend la moyenne de ces quatre observations. L'emploi des deux cercles sert à empêcher les erreurs de parallaxe; en outre, les divisions extérieures servent de vernier.

Pour les observations d'intensité, l'aiguille porte en son milieu une petite roue à gorge autour de laquelle passe un fil de cocon portant deux crochets à ses extrémités. Un même poids est suspendu successivement aux deux crochets, et l'on prend la demi-différence des deux lectures : elle donne le rapport du moment du poids au produit de la force terrestre par le moment magnétique de l'aiguille. On détermine ensuite ce moment magnétique en faisant agir l'aiguille sur une autre, et l'on peut connaître la force terrestre.

CERF-VOLANT ÉLECTRIQUE. — Disposition employée par Franklin (1752) pour se procurer l'électricité des nuages orageux. Il utilisa dans ce but les propriétés des pointes : un cerf-volant muni d'une pointe et attaché à une corde de chanvre fut lancé vers les nuages, et, la pluie ayant rendu la corde plus conductrice, on put en tirer des étincelles semblables à celles des machines électriques. De Romas répéta la même expérience l'année suivante en enroulant autour de la corde un fil de cuivre, qui conduisait mieux l'électricité.

CHAINE GALVANIQUE. — Disposition donnée à la pile de Volta par Pulvermacher et employée quelquefois pour les usages médicaux. Chaque élément (fig. 156) est formé d'un fil de

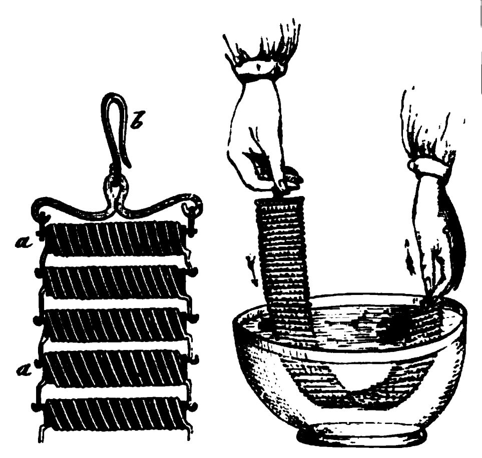


Fig. 156. — Chaîne galvanique de Pulvermacher.

zinc et d'un fil de cuivre enroulés en spirale, sans se toucher, autour d'un petit cylindre de bois. Le tout forme une chaîne qu'il suffit de plonger dans du vinaigre pour obtenir un courant. Cette pile a l'avantage de n'occuper qu'un petit volume; mais en revanche elle a l'inconvénient de s'affaiblir très vite et de donner par suite des effets de grandeur incertaine.

CHAINETTE ÉLECTRO-DYNAMIQUE. — M. Riecke désigne sous ce nom la courbe dessinée par un fil flexible, sans pesanteur, parcouru par un courant et placé dans un champ magnétique.

En particulier, lorsque ce champ est uniforme et que la ligne qui joint les deux points d'attache est perpendiculaire à sa direction, la courbe est un arc de cercle.

CHALEUR VOLTAIQUE. — Chaleur produite dans un conducteur par le passage d'un courant. Ce phénomène est régi par la loi de Joule. (Voy. ÉCHAUFFEMENT).

CHAMP ÉLECTRIQUE. — Portion de l'espace où se fait sentir l'action du système électrisé considéré. Il est ordinairement illimité ; il peut cependant être limité, par exemple lorsque le système est à l'intérieur d'un conducteur fermé communiquant avec le sol.

Direction et intensité du champ. — On appelle direction et intensité du champ en chaque point la direction et l'intensité en ce point de la force électrique, c'est-à-dire de la résultante des actions exercées par toutes les masses considérées sur l'unité d'électricité positive placée en ce point. La direction est celle que prendrait, en se chargeant par influence, une très petite aiguille conductrice suspendue par son centre de gravité au point considéré. Le champ est nul à l'intérieur d'un conducteur en équilibre, puisque la force y est nulle. Il est ordinairement commode de substituer dans les calculs l'action du champ à celle des masses qui le produisent.

Le champ est parfaitement déterminé lorsqu'on connaît la disposition des lignes de force et des surfaces équipotentielles.

Champ uniforme. — On dit qu'un champ est *uniforme*, lorsque la force y est constante en grandeur et en direction en tous les points. Les lignes de force sont alors des droites, et les surfaces équipotentielles des plans perpendiculaires à ces droites.

CHAMP MAGNÉTIQUE. — On nomme *champ magnétique* la portion de l'espace où se fait sentir l'action du système magnétique considéré. Le champ est généralement indéfini.

Nous indiquons plus haut (Voy. ACTIONS) les lois auxquelles obéissent les actions magnétiques ; on peut voir qu'elles sont identiques à celles qui régissent les attractions et les répulsions électriques. Grâce au choix des unités de masse électrique et de masse magnétique, on peut, dans les calculs, assimiler absolument les masses magnétiques à des masses électriques de même valeur; les conséquences qu'on tirera dans un cas relativement au champ et au potentiel s'appliqueront également à l'autre. Mais il faut bien remarquer qu'il n'y a identité entre les deux phénomènes que dans les *valeurs numériques*, et que, s'ils sont tous deux, sans nul doute, des modifications d'un même milieu, ces modifications sont de nature absolument distincte; ainsi les masses magnétiques sont complètement fixes et ne tendent pas à passer d'un point à un autre, comme les masses électriques.

Direction et intensité du champ. — On nomme *direction* et *intensité* du champ en un point la direction et l'intensité de la force magnétique qui agirait sur une masse positive égale à l'unité placée en ce point.

Champ magnétique terrestre. — La terre agit sur les aimants et donne par suite naissance à un champ magnétique. On sait que, dans un espace relativement assez grand, par exemple dans une même salle, une aiguille aimantée prend une direction constante. Les lignes de force sont donc parallèles dans tout cet espace, et le champ terrestre est uniforme.

La direction du champ terrestre est celle que prendrait une aiguille aimantée suspendue librement par son centre de gravité. Vu la difficulté d'obtenir un appareil de ce genre, on détermine d'abord la position du plan vertical qui contient la force (déclinaison), puis l'angle que fait cette force avec l'horizontale (inclinaison).

Pour mesurer l'intensité (Voy. ce mot), on mesure seulement la composante horizontale et l'inclinaison.

Composantes du champ terrestre. — Pour étudier ce champ, il y a avantage à décomposer la force en plusieurs composantes.

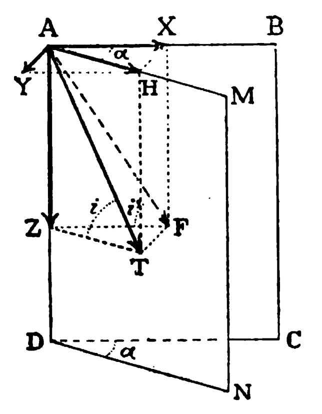


Fig. 157. — Composantes du champ terrestre.

Cette force est située dans un plan vertical qu'on appelle le méridien magnétique, et fait avec l'horizontale un angle i qu'on nomme inclinaison.

Il est évident qu'on peut décomposer l'inten-

sité totale T du champ (fig. 157) en une composante horizontale

$$H = T \cos i,$$

et une composante verticale

$$Z = T \sin i.$$

Une aiguille de déclinaison, mobile seulement dans un plan horizontal, n'est soumise qu'à la première.

Mais il peut y avoir intérêt à décomposer encore la force H en deux autres. Prenons en effet un barreau assujetti à se mouvoir dans un plan vertical, par exemple une aiguille d'inclinaison : supposons que ce plan ABCD fasse un angle α avec le méridien magnétique AMND, et soit A l'un des pôles de l'aiguille, qui n'est pas figurée.

La force horizontale H peut se décomposer en

$$X = H \cos \alpha$$

parallèle au plan ABCD et

$$Y = H \sin \alpha$$

perpendiculaire à ce plan.

On a donc pour les trois composantes

$$X = T \cos i \cos \alpha$$
$$Y = T \cos i \sin \alpha$$
$$Z = T \sin i.$$

Si l'aiguille considérée était libre, elle se placerait dans le méridien, dans la direction de la force T ; mais, comme elle est assujettie à rester dans le plan ABCD, elle ne peut obéir qu'aux forces X et Z, et se dirige suivant la résultante F de ces deux forces. Elle fait donc avec l'horizontale un angle i' (inclinaison apparente), tel que

$$\operatorname{tg} i' = \frac{Z}{X} = \frac{\operatorname{tg} i}{\cos \alpha}$$

ou

$$\operatorname{cotg} i' = \operatorname{cotg} i \cos \alpha.$$

Cette relation sert à déterminer l'inclinaison.

Champ d'un courant. — Ampère a montré qu'un conducteur traversé par un courant fait naître autour de lui un véritable champ magnétique, identique à celui qu'on pourrait obtenir par l'action d'un aimant. L'identité est même beaucoup plus complète que celle que nous signalons ci-dessus entre le champ électrique et le champ magnétique : le champ d'un courant et celui d'un aimant doivent donc être dus à des modifications de *même espèce* d'un même milieu. Aussi la forme du champ d'un courant peut être mise en évidence par l'expérience des fantômes magnétiques.

Nous citerons quelques exemples : ainsi un courant rectiligne, assez long pour qu'on puisse le considérer comme indéfini, donne pour lignes de force des cercles concentriques, ayant leur plan perpendiculaire au fil et leur centre sur le fil. Pour l'observateur d'Ampère, regardant vers ses pieds, la force est dirigée sur ces lignes de droite à gauche. Les surfaces équipotentielles sont des plans équidistants passant par le fil. L'intensité du champ est en raison inverse de la distance au fil.

Dans l'intérieur d'une longue bobine cylindrique à enroulement uniforme, le champ est uniforme, au moins lorsqu'on ne s'approche pas trop des extrémités. Si n est le nombre de spires par unité de longueur et I l'intensité du courant, l'intensité du champ est

$$F = 4\pi n I.$$

CHANDELIER. — Support servant à maintenir les bougies électriques et à faire communiquer les deux charbons avec le générateur. (Voy. Bougie).

CHARBON A LUMIÈRE. — Davy, qui fit le premier l'expérience de l'arc voltaïque, se servait de baguettes de charbon de bois éteint dans l'eau ou le mercure, qui brûlaient régulièrement et avec un bel éclat. Ces baguettes s'usaient trop vite pour pouvoir servir à un usage industriel. Foucault réalisa un grand progrès en les remplaçant par des bâtons de charbon de cornue, beaucoup plus denses et s'usant bien moins vite. Cette substance, qui fut longtemps employée, présentait cependant encore de graves inconvénients. Sa composition n'étant pas homogène, il s'use souvent d'une façon irrégulière, en produisant des variations de lumière assez grandes, et peut même parfois éclater. Les variations d'éclat sont dues à la présence de matières étrangères et notamment de silice qui, moins fixes que le charbon, se vaporisent et forment une flamme qui entoure l'arc.

On a cherché à purifier les charbons de cornue en plaçant d'abord les baguettes taillées dans un bain d'alcali qu'on porte au rouge, afin de transformer la silice en silicate fusible de potasse ou de soude. On les lave ensuite à l'eau bouillante, puis on les introduit dans des tubes de porcelaine chauffés au rouge, et dans lesquels on fait passer un courant de chlore qui transforme en chlorures volatils les oxydes de fer, de silicium, de sodium, de potassium, etc.

Les résultats obtenus avec ces charbons étaient un peu meilleurs.

Charbons de cornue artificiels. — M. Jacquelain a imaginé de fabriquer le charbon de cornue en partant de substances hydrocarburées bien pures, par exemple des goudrons purifiés par distillation; on les fait passer dans un tube de 15 centimètres de diamètre porté à une haute température, et l'on obtient des plaques qu'on débite à la scie. Ces charbons donnent de très bons résultats : la lumière est fixe, blanche et supérieure d'environ 25 p. 100, dans les mêmes conditions, à celle que donnent les charbons ordinaires; mais ils ont l'inconvénient d'être très difficiles à débiter et de donner beaucoup de déchets.

Charbons agglomérés. — Les charbons les plus employés actuellement en Europe sont ceux de Carré et de Gauduin.

M. Carré prépare une pâte formée de 50 parties de coke bien pur en poudre, 20 parties de noir de fumée calciné et 30 parties d'un sirop de sucre et de gomme. Ce mélange, comprimé à l'aide d'une presse, traverse une filière qui lui donne la forme cylindrique et le diamètre convenable; puis on le coupe à la longueur voulue.

Les baguettes sont alors placées horizontalement dans un creuset de fonte, sur un lit de coke en poudre; on superpose ainsi plusieurs rangées, séparées par des feuilles de papier, et l'on recouvre d'un couvercle. On chauffe ensuite au rouge cerise pendant au moins quatre ou cinq heures, dans un four à plusieurs étages.

Les charbons sont alors plongés dans un sirop bouillant de sucre ou de caramel, en laissant refroidir plusieurs fois, pour que le sirop pénètre dans les pores, puis ils sont soumis à un certain nombre de cuissons, séparées par autant d'immersions dans le sirop de sucre. A chaque nouvelle cuisson, on les descend d'un étage, le four ayant autant d'étages qu'on veut faire de cuissons. Enfin les charbons sont séchés, d'abord lentement, puis dans une étuve dont la température est élevée peu à peu jusqu'à 80°.

Il existe plusieurs autres procédés analogues. M. Gauduin obtient un charbon compact en décomposant par la chaleur des brais secs; ce charbon est réduit en poudre impalpable, puis aggloméré à l'aide des carbures d'hydrogène obtenus dans la distillation du brai.

En Amérique, on fabrique les charbons avec du coke de pétrole et on les comprime dans des châssis plats, au lieu de les passer à la filière.

Charbons à mèche. — On rend l'arc plus fixe et plus régulier en employant, au pôle positif seulement, un charbon dans lequel on a pratiqué, en le passant à la filière, un trou axial, qu'on remplit avec une substance appelée *mèche*, plus conductrice que le charbon.

Charbons cuivrés et nickelés. — En Amérique, on se sert beaucoup, pour l'éclairage public, de charbons recouverts d'un dépôt galvanique de cuivre ou de nickel, ce qui augmente leur conductibilité et leur durée. Mais l'éclat et la couleur sont moins fixes, ce qui leur fait préférer en Europe les charbons nus.

CHARGE. — Synonyme de *masse électrique* et de quantité d'électricité. La charge M que prend un conducteur isolé mis en communication avec une source de potentiel V est égale au produit de sa capacité C par ce potentiel

$$M = CV.$$

Charge résiduelle. — Lorsqu'on a déchargé un condensateur à lame isolante en faisant communiquer les deux armatures, on peut cependant obtenir quelques instants après une nouvelle étincelle, suivie quelquefois de plusieurs autres. L'existence de ces résidus, découverts par Franklin, s'explique par la pénétration de l'électricité dans la lame isolante. On le montre par la bouteille de Leyde à armatures mobiles (Voy. ce mot).

Il résulte de là que, si on laisse un condensateur en communication avec une machine pendant un temps de plus en plus long, sa charge maximum pourra augmenter avec le temps, jusqu'à ce que l'absorption par la plaque diélectrique devienne insensible.

D'autre part, si l'on veut donner à un condensateur des charges égales dans des expériences successives, en les mesurant par exemple avec une bouteille de Lane, il faudra perdre inutilement la première charge : le résidu restant ensuite sensiblement constant, les décharges qu'on obtiendra après la première correspondront bien à des quantités égales d'électricité.

CHARIOT. — Organe du transmetteur du télégraphe de Hughes (Voy. TÉLÉGRAPHE).

CHATTERTON. — Nom donné à un mélange de 3 parties de gutta-percha, 1 de résine et 1 de goudron de Stockholm, employé comme isolant dans les câbles sous-marins par M. Chatterton, et appliqué depuis à l'isolement d'autres appareils.

CHAUFFAGE. — Bien qu'on cite ordinairement comme l'un des principaux avantages de la lumière électrique celui de n'échauffer que

fort peu l'atmosphère, l'électricité peut cependant donner de la chaleur et même être employée dans certains cas comme procédé de chauffage. La Société des usines électriques de Berlin a mis récomment à profit cette propriété, et fournit à la fois à ses abonnés la lumière et le chauffage, le courant employé étant dans les deux cas mesuré de la même manière et payé au même tarif. Les appareils employés au chauffage sont spécialement disposés dans ce but, afin d'obtenir le meilleur rendement possible : ainsi, pour faire bouillir de l'eau, on se sert d'une bouillotte à deux enveloppes, entre lesquelles est placée une bobine de résistance, et qui permet de porter à l'ébullition en vingt minutes un volume de 85 centilitres d'eau avec 4 ampères et 100 volts. La même Société a disposé dans quelques théâtres des fourneaux électriques pour chauffer les fers à friser, etc., les becs de gaz et les lampes à alcool étant rigoureusement interdits pour éviter les incendies.

Chauffage des wagons. — M. Courcelles a imaginé de chauffer les wagons au moyen de fils de fer que traverse le courant d'une machine dynamo. Ces fils tendus horizontalement sont serrés entre des plaques de cuivre et de plomb verticales, et le tout est disposé dans des récipients en métal semblables aux bouillottes ordinaires à eau chaude. Lorsqu'on fait passer le courant, les plaques s'échauffent au contact du fil, et l'appareil peut atteindre une température de 85°.

Chauffage des tramways. — La *Burton Electric C°*, de Richmond (Virginie), chauffe les voitures de ses tramways à l'aide de la canalisation électrique qui sert pour la traction. Pour cela, une résistance en forme de gril est placée dans une boîte de 70 centimètres de longueur, 20 de largeur et 10 de hauteur, renfermant de la terre réfractaire. Quatre chaufferettes de ce genre, disposées en tension, sont montées sur une dérivation de la ligne ayant une différence de potentiel d'environ 450 volts. On fait passer un courant de 6 ampères pendant 15 à 20 minutes ; puis, les appareils ayant atteint la température voulue, on ne conserve qu'un courant de 3 ampères pour empêcher le refroidissement. Chaque chaufferette consomme donc, en marche normale, environ 350 watts.

CHEMIN DE FER ÉLECTRIQUE. — Voy. Locomotive et Monorail.

Chemin de fer électrique de table. — Petit appareil qui permet de faire facilement et rapidement tout le service d'un repas, sans qu'aucun domestique pénètre dans la salle à manger; le premier modèle a été installé dans l'hôtel de M. Gaston Menier, à Paris.

Un train électrique, qui va de l'office à la salle en traversant un petit tunnel pratiqué dans la muraille, apporte et remporte les plats et les assiettes et fait le tour de la table en accomplissant rapidement et sans bruit, sous la direction du maître de la maison, toutes les manœuvres nécessaires au service.

L'installation comprend deux parties essentielles, la voie et le train. Le véhicule se compose d'une plate-forme de 75 centimètres de longueur et de 22 centimètres de largeur pivotant sur deux boggies : l'un de ces boggies n'est qu'un truck à deux essieux servant de support, l'autre porte le petit moteur dynamo-électrique, qui est formé d'une double bobine en T du genre Siemens. L'appareil pèse 7 kilogrammes à vide et peut porter une charge totale de 25 kilogrammes.

La voie se compose de quatre rails parallèles fixés sur des planchettes en chêne qu'on dispose bout à bout en nombre convenable suivant la longueur de la table. Les deux rails extérieurs, qui supportent les roues du véhicule, sont isolés l'un de l'autre et en communication avec l'inducteur du moteur dynamo-électrique. Les rails intérieurs reçoivent de petits galets de contact à l'aide desquels ils font communiquer l'induit du moteur avec une batterie d'accumulateurs toujours chargée ; un commutateur, intercalé dans ce circuit et placé à la droite du maître de la maison, lui permet d'arrêter le train et même de changer le sens de sa marche par une simple inversion du courant dans l'induit. Le démarrage et l'arrêt se font très rapidement.

Pour faire le tour de la table, le train doit parcourir successivement deux voies placées des deux côtés de la table, devant chaque rangée de convives. Vu les dimensions du train, il était difficile de réunir les deux voies, aux extrémités de la table, par une courbe en forme de demi-cercle, parce qu'on n'aurait pas pu lui donner un rayon suffisant : il a paru préférable de remplacer cette disposition par un aiguillage automatique à chaque bout. Les deux aiguillages sont maintenus dans une position donnée par des ressorts, et la voie est toujours faite d'un même côté. Lorsque le train arrive dans un sens, il appuie sur les rails et fait lui-même l'aiguillage. Lorsqu'il revient en sens contraire, il rencontre l'aiguillage en pointe et s'engage sur l'autre voie.

Les planchettes en chêne sur lesquelles sont fixés les rails reposent elles-mêmes sur des supports placés de distance en distance, et qui élèvent la voie à 10 centimètres environ au-dessus du niveau de la table. L'espace ainsi ménagé sous la voie sert à placer les menus objets du service : couverts, salières, etc.

CHERCHE-BALLE. — Appareil servant à rechercher les projectiles métalliques dans une blessure. (Voy. Explorateur électrique). La balance d'induction voltaïque peut servir au même usage.

CHERCHEUR. — Organe du télégraphe Baudot. (Voy. Télégraphe).

CHERCHEUR DE FUITES. — Appareil qui décèle les fuites de gaz en actionnant une sonnerie ou en portant un fil de platine à l'incandescence.

Certains appareils utilisent la facilité avec laquelle le gaz d'éclairage, vu sa faible densité, traverse les membranes poreuses. Celui d'Ansell, par exemple, est formé d'un tube en U qui contient du mercure. L'une des branches, élargie en entonnoir, est fermée par une plaque poreuse de plâtre; l'autre renferme deux fils de platine qui communiquent avec une pile et une sonnerie. D'ordinaire, le mercure ne s'élève pas jusqu'à ces fils, de sorte que le circuit est rompu et la sonnerie au repos. Mais, si l'on approche l'appareil d'une fuite, le gaz, pénétrant par endosmose à travers le plâtre, produit à l'intérieur un accroissement de pression, qui refoule le mercure dans l'autre branche, où il vient bientôt au contact des fils de platine : le circuit est alors fermé et la sonnerie fonctionne.

Le chercheur Arnould est fondé au contraire sur l'expérience dite de la lampe sans flamme. On sait qu'une spirale de platine chauffée au rouge et portée dans un jet de gaz non allumé reste incandescente par la combustion lente de ce gaz, et souvent même s'échauffe assez pour enflammer le jet. L'appareil est formé d'une spirale de platine B portée au rouge sombre par le courant d'une pile. Lorsqu'on rencontre une fuite, la spirale s'échauffe jusqu'au rouge blanc par la combustion lente du gaz, et l'on est averti aussitôt par le changement d'éclat. Une toile métallique C entoure la spirale et empêche l'inflammation du jet de gaz. La figure 158 montre l'ensemble de l'appareil et la disposition théorique. Le manche renferme une pile à renversement A au bichromate de potasse, identique à celle de l'allumoir électrique du même inventeur. Quand l'appareil est renversé, le zinc ne plonge pas dans le liquide ; lorsqu'on le place dans la position que représente le dessin, le zinc est immergé et la pile fonctionne. La partie qui surmonte le manche contient la



Fig. 158. — Chercheur de fuites (système Arnould).

spirale B et deux résistances D et E, qu'on peut intercaler à volonté dans le circuit en faisant varier à l'aide d'un bouton la position du ressort qui établit le contact. Cette disposition sert à régler l'éclat de la spirale. On commence par abaisser complètement le bouton, de manière à donner le maximum de résistance ; puis on relève ce bouton, s'il est nécessaire, jusqu'à ce que le fil de platine ait atteint la température convenable. Il faut éviter qu'il soit trop chaud, car on ne verrait plus l'augmentation d'éclat.

Le chercheur qui précède présente évidemment un petit défaut : c'est que, si l'on opère en plein jour, il peut être difficile de constater la variation d'éclat du fil de platine. Pour éviter cet inconvénient, l'inventeur a transformé son appareil et utilisé l'élévation de température de la spirale pour mettre en marche une sonnerie. La figure 159 montre cette nouvelle disposition. La pile est renfermée dans une boîte séparée et réunie à la spirale par deux conducteurs renfermés dans un câble souple. Le chercheur diffère seulement du précédent en ce que la spirale D est en partie recouverte par une lame A formée de plusieurs

métaux juxtaposés, et qui tend à se redresser par la dilatation. Lorsqu'au voisinage d'une fuite la spirale devient plus chaude, cette lame se redresse assez pour venir toucher la pointe de la vis B, et il s'établit alors par CABFGH un courant dérivé qui actionne la sonnerie G.





Fig. 159. — Chercheur de fuites à pile indépendante et sonnerie.

Ainsi disposé, l'appareil est parfaitement transportable et suffit à déceler les plus petites fuites.

CHERCHEUR SOUS-MARIN. — Sous ce nom, M. Mac-Évoy a appliqué la balance d'induction voltaïque à la recherche des objets métalliques, torpilles, ancres, etc., au fond des mers. Les lampes à incandescence, comme celle de Trouvé, peuvent servir au même but.

CHEVAL-VAPEUR. — Unité de puissance mécanique employée dans l'industrie et qui correspond à un travail de 75 kilogrammètres par seconde. Un cheval-vapeur correspond donc à $75 \times 981 \times 10^5 = 736 \times 10^7$ ergs ou à 736 watts par seconde.

CHOC EN RETOUR. — On nomme ainsi le phénomène qui produit la mort d'un animal lorsque la foudre tombe dans son voisinage. On admet généralement que l'animal s'est chargé peu à peu jusqu'à un potentiel élevé par l'influence du nuage électrisé, et qu'il revient ensuite brusquement à l'état neutre, au moment même où le nuage se décharge. On peut expliquer aussi ce phénomène par un violent courant d'induction dû à la chute de la foudre.

CHRONOGRAPHE ÉLECTRIQUE. — Enregistreur électrique inscrivant à la fois les phases successives d'un phénomène et les instants précis où elles se produisent. Dans certains cas, un *électro-diapason* (voy. ce mot) suffit à tracer presque directement la loi du mouvement; dans les cas plus compliqués, on se sert de chronographes, dont l'électro-diapason forme encore le plus souvent la partie essentielle.

On emploie surtout les chronographes à cylindre, formés d'un cylindre qui tourne autour de son axe, et dont la surface est enfumée ou recouverte d'un papier. Si le mouvement du cylindre est rigoureusement uniforme, on pourra déterminer une fois pour toutes l'angle dont il tourne en une seconde, et il suffira d'enregistrer sur le cylindre le mouvement qu'on veut étudier; en traçant ensuite des génératrices, dont la distance corresponde à une fraction connue de seconde, on déterminera facilement la durée de chaque phase du phénomène.

Il est cependant préférable de ne pas chercher à rendre le mouvement de rotation parfaitement uniforme et de disposer, à côté du style qui enregistre le mouvement étudié, un électro-diapason qui inscrit une sinusoïde. Si le diapason fait par exemple 1000 vibrations par seconde, chaque sinuosité de la courbe correspond à 0,001 seconde. Le rapprochement des deux tracés permet d'étudier les diverses phases du phénomène et de déterminer leur durée.

Si l'on veut prolonger l'inscription pendant un temps supérieur à une révolution du cylindre, il faut éviter que les tracés correspondant aux tours successifs se recouvrent les uns les autres. Le cylindre est alors monté sur un axe dont l'une des extrémités est filetée et s'engage dans un écrou fixe, tandis que l'autre est lisse et tourne librement dans un collier. Grâce à

ette disposition, le cylindre avance parallèlenent à son axe en même temps qu'il tourne, et es divers points de sa surface décrivent en réaité des hélices parallèles et de même pas. Les tyles inscripteurs tracent donc des courbes éliçoïdales qui ne se superposeront pas, si le as de la vis est assez grand. Il est évident qu'on obtient le même résultat en faisant seulement ourner le cylindre autour de son axe et en plaçant l'électro-diapason et l'appareil enregistreur sur un chariot qui avance avec une vitesse convenable parallèlement à l'axe du cylindre. Cette disposition a même l'avantage de permettre de faire varier le pas des hélices, suivant les phénomènes qu'on veut étudier.

La figure 160 représente un chronographe destiné aux observations astronomiques et notamment aux observations méridiennes. L'enregistrement se fait sur un disque tournant, ce qui permet de conserver les feuilles plus facilement. Un style, commandé par une horloge régulatrice, qui émet un courant toutes les secondes, inscrit le temps. Un autre enregistre les observations de l'opérateur. Ces deux séries de signaux sont tracées sur une même spire continue, décrite par les deux styles, le premier in-

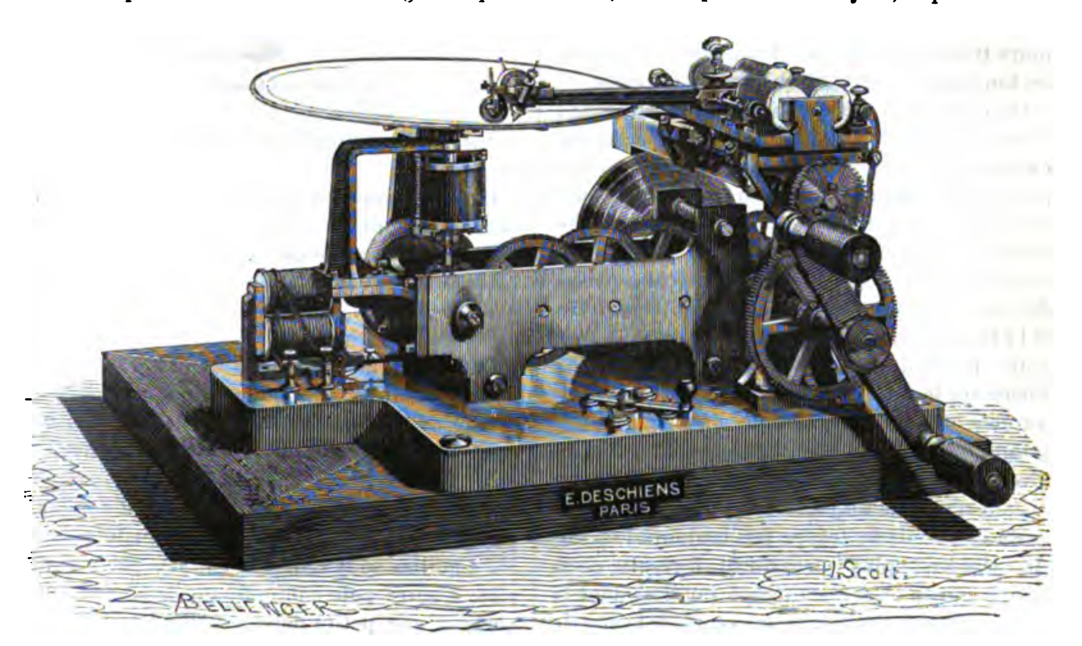


Fig. 160. — Chronographe à plateau circulaire.

diquant la seconde par une déviation latérale à droite du trait, l'autre par une déviation à gauche.

L'origine de la minute est marquée par une interruption du courant. Les relevés se font avec un rapporteur en corne transparente. Grâce à l'emploi d'une fusée pour la corde du moteur, les espaces parcourus en une seconde sont peu différents vers le bord et au centre.

On peut employer aussi comme chronographe un récepteur de télégraphe Morse ou un appareil analogue, sur le papier duquel un style fait une marque chaque fois que se produit le phénomène étudié ; une horloge lance, à intervalles réguliers, un courant dans un autre électro-aimant dont le style inscrit le temps sur la même bande de papier.

Dans les appareils précédents, les styles inscripteurs sont ordinairement commandés par des électro-aimants. Il est nécessaire que les phénomènes à enregistrer ne se succèdent pas trop rapidement, car les pièces mobiles exigent pour se déplacer un temps qui dépend de leur masse et des forces auxquelles elles sont soumises, et de plus l'aimantation et la désaimantation du fer doux ne se font pas instantanément. Ces défauts n'ont pas d'inconvénients, si l'on se borne à comparer les indications d'un même appareil ; mais il n'en est plus de même si l'on compare les résultats d'instruments différents, car les causes de retard varient de l'un à l'autre. Si l'on veut enregistrer des phénomènes très rapprochés, les mêmes causes peuvent introduire de la confusion dans les tracés.

M. Marcel Deprez a construit un appareil dans lequel ces retards sont rendus insignifiants, une aimantation très faible suffisant pour actionner le style (voy. SIGNAL ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE).

On a cherché aussi à éviter les inconvénients des électro-aimants en construisant des chronographes fondés sur d'autres phénomènes électriques, par exemple les actions chimiques. Un style appuie constamment sur une bande de papier préparé, qui se déroule d'un mouvement uniforme. Lorsque le courant passe, l'électrolyse du composé qui imprègne le papier produit une coloration qui dépend de sa nature. Mais les traits ainsi obtenus ne sont pas toujours très nets, et de plus le papier doit présenter toujours le degré d'humidité convenable.

On a fait aussi des chronographes à étincelle : tel est celui de Schultze. Le cylindre noirci est en métal argenté et communique avec l'un des pôles d'une bobine d'induction, dont l'autre pôle est relié avec un fil de platine entouré d'un tube de verre effilé. Chaque fois que le phénomène étudié provoque l'interruption du courant inducteur, une étincelle jaillit entre le cylindre et l'extrémité du fil de platine, qui est toujours à une petite distance de sa surface. L'étincelle forme sur le cylindre au point frappé une petite auréole au centre de laquelle on voit un petit point très brillant. Ces chronographes ont un grave défaut : c'est que le chemin le moins résistant n'est pas toujours le plus court, et par suite l'étincelle ne frappe pas toujours le point du cylindre le plus voisin du fil. Il résulte de là une incertitude sur les temps étudiés, dont la valeur dépend, pour un même écart, de la vitesse du cylindre, ainsi que l'a montré M. Deprez.

Les chronographes sont fréquemment employés par les physiciens, les astronomes, les physiologistes, etc. Citons notamment les nombreux appareils de M. Marey, ceux de M. Cornu pour la vitesse de la lumière, de M. Lœwy pour la détermination des longitudes, etc.

CHRONOPHONE. — Réveille-matin imaginé par M. H. Lévy. Il se compose d'une caisse formant porte-montre (fig. 161) et contenant une pile et une sonnerie. Elle porte un crochet auquel on suspend une montre, dont le verre est percé d'un petit trou. En faisant tourner ce verre, on amène sur l'heure voulue une tige mobile, qu'on fait communiquer avec l'un des pôles de la pile par l'intermédiaire de la flèche, tandis que l'autre pôle est relié au crochet et par conséquent aux rouages et aux aiguilles de la montre. Un commutateur, placé à la partie supérieure, permet d'introduire à volonté dans le circuit la sonnerie que renferme la boîte ou une autre sonnerie, placée par exemple da- une chambre de domestique, ou même les deu à la fois. Lorsque l'aiguille des heures vie rencontrer la tige mobile, le circuit se trou-

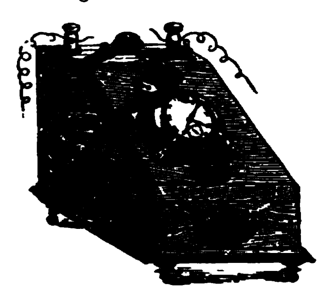


Fig. 161. — Chronophone.

fermé, et les sonneries qu'il contient sont mi- en branle.

Deux boutons permettent de faire tinter premier la sonnerie placée dans l'appareil, po appeler à petite distance, le second la sonne extérieure, qui peut être placée à une distan quelconque. Le chronophone peut donc serv de réveille-matin ou d'avertisseur à toute dis- tance ; il permet de réveiller simultanémen deux personnes assez éloignées, par exemple l maître et le domestique. Enfin la montre peu être portée dans la poche comme une montre ordinaire.

CHRONOPHORE. — Sorte de réveille-matin imaginé par M. Silas. C'est une pendule dont les aiguilles sont reliées à l'un des pôles d'une pile. L'autre pôle communique avec une sonnerie et une petite fiche métallique qu'on enfonce dans le cadran devant le chiffre indiquant l'heure à laquelle on veut être averti. Quand l'aiguille des heures rencontre cette fiche, elle ferme le circuit et la sonnerie se fait entendre.

CHRONOSCOPE. — Sorte de chronographe imaginé par Wheatstone et sur lequel on pouvait pointer électriquement les millièmes de seconde.

CHUTE DE POTENTIEL ou **CHUTE ÉLECTRIQUE.** — Différence de potentiel entre deux points.

CIBLE ÉLECTRIQUE. — Cible munie d'un système d'avertissement électrique, qui fait connaître au tireur quelle est la région frappée par la balle. La cible est divisée en un certain nombre de carrés ou de rectangles égaux ; un tableau placé près du tireur est divisé de la même façon. Lorsque la balle frappe un des carrés, il s'établit un courant qui fait apparaître un signal sur la case correspondante du tableau. Le con-

tact qui produit ce courant est obtenu de deux manières différentes, suivant les appareils : dans ceux à percussion, une pièce métallique, placée derrière chaque carré, reçoit le choc de la balle et ferme le circuit; dans les autres, c'est le carré lui-même qui bascule pour opérer cette fermeture.

La cible en métal peut encore être formée de cinq anneaux concentriques qui ne se touchent pas. Derrière chaque anneau se trouve une petite lame métallique qu'il vient toucher lorsqu'il est frappé par une balle. Ce contact ferme un circuit comprenant une pile et un électro-aimant placé près du tireur, l'armature de cet électro, en se déplaçant, découvre le numéro correspondant à l'anneau touché.

CIRCONSCRIRE UN DÉRANGEMENT. — Éliminer, par une série méthodique de recherches, toutes les parties du circuit qui ne contiennent pas le dérangement cherché.

CIRCUIT ÉLECTRIQUE. — Ensemble des appareils traversés par un courant. Un circuit comprend donc : la source d'électricité, les conducteurs et les appareils que doit actionner le courant. Lorsque le circuit ne présente aucune interruption, au point de vue électrique, on dit qu'il est *fermé;* le courant passe. Dans le cas contraire, le circuit est *ouvert*.

CIRE-BOTTES ÉLECTRIQUE. — Ce petit appareil (fig. 162), imaginé vers 1887, par M. Henry

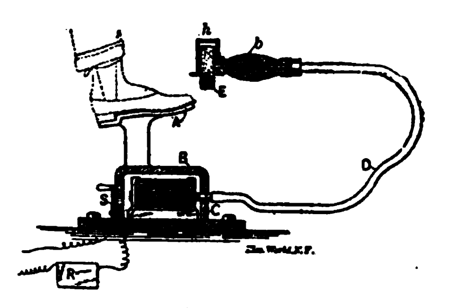


Fig. 162. — Cire-bottes électrique.

R. Gardner de Boston, montre bien qu'il n'est aucune application à laquelle l'électricité ne puisse convenir. Une boîte B, surmontée d'une pédale A, contient un petit moteur électrique, dont on peut modifier la vitesse en intercalant dans le circuit une résistance variable R. Le moteur actionne une brosse E, placée au bout d'une tige flexible D; la brosse tourne sur elle-même, et elle est recouverte d'une capote *h*, destinée à arrêter les éclaboussures de cirage. On prend à la main la poignée *b* pour diriger le mouvement de la brosse.

CLAVIER. — Manipulateur des télégraphes Hughes, Baudot, etc., qui présente la forme d'un clavier.

CLEF. — Nom donné à un certain nombre d'interrupteurs.

Clef de Morse. — Manipulateur du télégraphe Morse. Il est souvent employé comme interrupteur dans des expériences où il suffit de fermer un circuit pendant un temps très court.

CLICHÉ GALVANOPLASTIQUE. — Reproduction par la galvanoplastie d'une gravure sur bois destinée à l'impression. On donne ensuite de la dureté aux clichés en les aciérant. Les clichés galvaniques sont beaucoup plus résistants que les bois, et, comme on peut les reproduire facilement, on peut obtenir ainsi un tirage illimité (voy. ÉLECTROTYPIE).

CLOCHE ÉLECTRIQUE. — Type particulier de sonnerie électrique dans lequel le mécanisme est suspendu à l'intérieur d'une cloche de bronze, que vient frapper le marteau. (Voy. SONNERIE ÉLECTRIQUE).

Cloches pour l'exploitation des chemins de fer. — Depuis quelques années, les compagnies de chemins de fer font usage de cloches électriques placées aux stations et le long de la voie, et destinées à compléter la protection des trains : ces cloches font entendre un nombre convenu de coups pour avertir du départ d'un train dans une certaine direction, et peuvent en outre servir à transmettre certains signaux conventionnels. L'emploi des cloches a été rendu obligatoire sur les lignes à voie unique où la circulation est un peu active, par une circulaire ministérielle du 13 septembre 1880.

Les compagnies françaises font usage de trois systèmes principaux.

1° Les *cloches Leopolder*, actionnées par des courants continus, employées par la compagnie P.-L.-M.

2° Les *cloches Siemens*, à courants d'induction, adoptées par la compagnie du Nord.

3° Les *cloches mixtes*, présentant différentes combinaisons des deux premiers types, employées par les autres compagnies.

Cloches Leopolder. — Les cloches sont munies d'un électro-aimant dans lequel circule constamment le courant d'une pile constante (pile Meidinger). Lorsqu'on interrompt ce courant, l'armature de l'électro-aimant met en liberté un mécanisme d'horlogerie commandant un marteau, qui frappe un coup sur la cloche. La figure 163 montre la disposition du mécanisme. L'électro-aimant H, traversé en temps normal

par le courant de la pile, maintient attirée l'armature *a*; par suite la pièce *n* et le doigt *c* maintiennent immobile le volant R_1 et le mécanisme dont il fait partie.

Si l'on interrompt le courant, l'armature *a* est rendue libre, la fourchette A oscille sous l'action d'un ressort antagoniste, et le levier B, obéissant à son poids, tombe entre les deux branches de cette pièce. Ce mouvement du levier dégage le doigt *c*; le mécanisme d'horlogerie se met à tourner; l'une des chevilles M vient soulever le levier L, dont l'autre extrémité tire le fil de fer qui met en branle le marteau.

Au bout d'un instant, la came D vient appuyer sur l'extrémité H_2 du levier B et le relever; lorsque le volant R_1 a fait un t[our] le doigt C est arrêté de nouveau.

Les choses restent en cet état jusqu'à qu'une nouvelle interruption du courant [soit] produite.

Les gares terminus d'une ligne poss[èdent] une seule cloche, les gares intermédiaires [en] ont deux, placées à chaque extrémité et d[on]nant les signaux relatifs à la direction cor[res]pondante. Enfin, entre deux stations suc[ces]sives, on place des cloches de distance en [dis]tance. Il y a une pile à l'extrémité de ch[aque] section et chaque poste est muni d'un in[ter]rupteur à bouton, qui permet de faire le[s si]gnaux. Les gares intermédiaires ont deux boutons, un pour chaque direction; un petit galvanomètre permet de constater, à chaque poste, si le courant passe normalement.

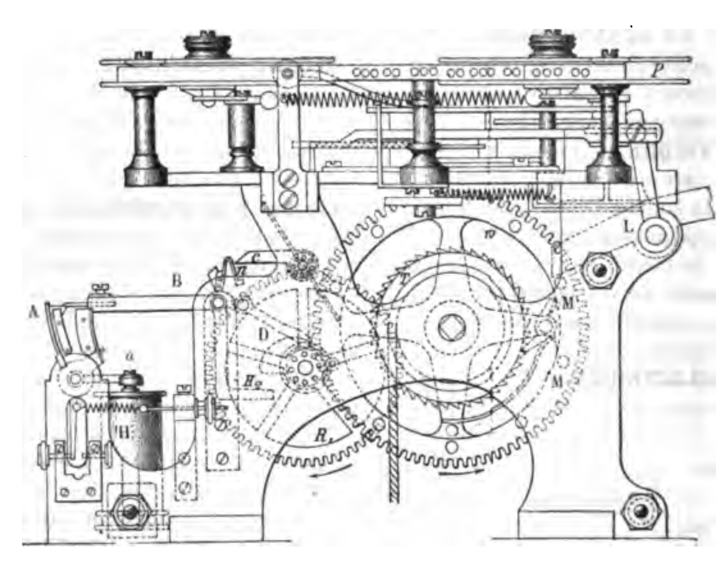


Fig. 163. — Mécanisme des cloches Leopolder (d'après Pollitzer).

Ce système a l'avantage de présenter un mécanisme très simple et de se prêter parfaitement à la production des signaux conventionnels, qui sont formés de plusieurs groupes comprenant chacun un nombre déterminé de coups de cloche. Mais l'emploi d'un courant continu est une source de dépense et exige un certain entretien.

Cloches Siemens. — Dans les cloches allemandes du système Siemens, le mécanisme d'horlogerie est au contraire embrayé à l'état de repos; le courant lancé par une petite machine d'induction mue à la main déclenche ce mécanisme, qui produit une série de cinq [ou] six coups simples ou doubles.

La compagnie du Nord emploie trois m[o]dèles de ces cloches, peu différents d'ailleurs.

Les appareils du premier modèle présentent à la partie supérieure deux timbres en fonte concentriques, de son différent: deux marteaux destinés à frapper chacun sur l'un des timbres sont reliés par des tirages en fil de fer à deux leviers disposés comme les leviers L sur la figure précédente. L'appareil comprend en outre un électro-aimant, dont l'armature maintient au repos le mécanisme d'horlogerie. Quand le courant passe, cette armature est attirée et déclenche le mécanisme, qui se met à tourner sous l'action du poids moteur. Ce mécanisme comprend une roue munie de cinq

six cames (leur nombre est égal au nombre de coups de timbre qu'on veut avoir par série). Les cames, pendant la rotation de la roue, viennent appuyer successivement sur les deux marteaux, qui frappent alternativement les deux timbres. Quand la roue a fait un tour entier, le mécanisme est arrêté, et il faut lancer un nouveau courant, si l'on veut obtenir une seconde série de coups. L'appareil comprend en outre un paratonnerre; le tout est renfermé dans un cylindre en tôle.

Les cloches du second modèle diffèrent peu des premières; elles ont les mêmes organes principaux, mais la roue principale porte quinze cames, et avance seulement d'un tiers de tour pour chaque série, qui est de cinq coups; elle s'arrête ensuite. Un cadran muni d'une aiguille indique le nombre de séries frappées par l'appareil et le moment où il faut remonter le mécanisme.

Le troisième modèle se rapproche des précédents, mais il est plus simple et plus résistant. Il porte un timbre unique, que le marteau frappe intérieurement. La chute du poids met en mouvement, quand l'appareil est déclenché par le passage du courant, une roue en fonte munie de neuf dents qui font osciller le marteau. On obtient six coups simples pour chaque passage du courant.

Le système Siemens a l'avantage de ne pas exiger de piles; on fait usage d'un petit appareil magnéto-électrique appelé *inducteur* (voy. ce mot).

Cloches mixtes. — Les autres Compagnies font usage de cloches mixtes, dans lesquelles on a cherché à réunir les avantages des deux systèmes précédents. La Compagnie d'Orléans emploie des cloches Siemens, modifiées de telle sorte qu'elles donnent, comme les cloches Leopolder, des coups simples au lieu de volées de coups, et qu'elles peuvent être actionnées par des piles, au lieu de courants induits. La compagnie de l'Est fait usage d'un système mixte donnant des coups simples et fonctionnant par des courants induits. Ces cloches sont actionnées, comme les précédentes, par une petite machine magnéto-électrique. Nous décrirons à l'article Inducteur le modèle employé par la compagnie de l'Ouest.

Enfin la compagnie de l'Ouest emploie depuis 1886 des cloches analogues à celles de la Compagnie d'Orléans et munies de l'inducteur (Voy. ce mot) Postel-Vinay. Dans les postes terminus, où le courant ne doit être envoyé que dans une direction, et dans les postes de pleine voie intermédiaires, où le courant doit être en-

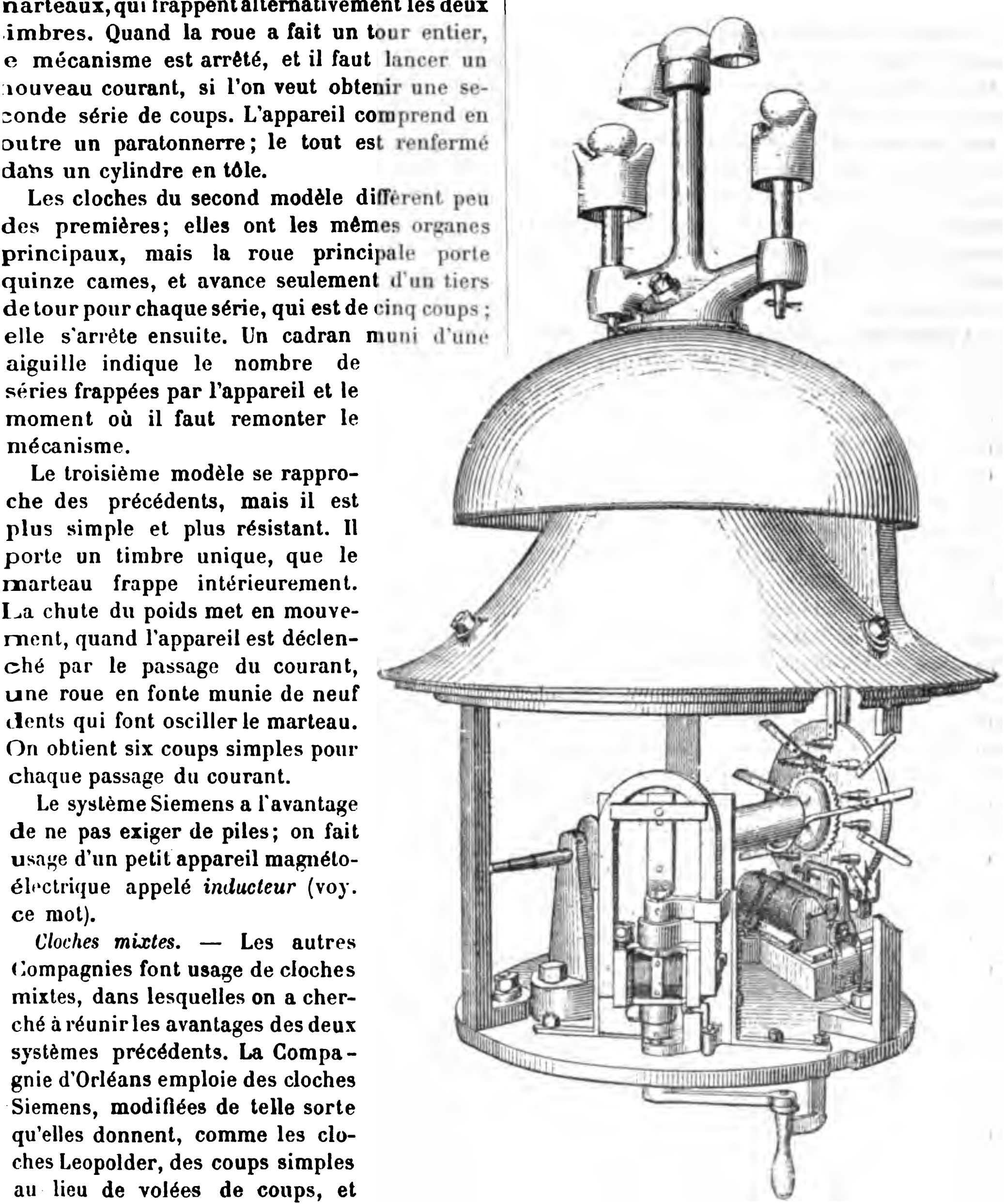


Fig. 164. — Cloche de la compagnie de l'Ouest avec inducteur Postel-Vinay.

voyé sur la ligne à la fois dans les deux directions, il suffit, soit de relier l'inducteur à la ligne et à la terre, soit de l'introduire dans le circuit de la ligne. Il peut alors être placé dans la cloche même (fig. 164).

Dans les postes à deux ou plusieurs directions, où le courant doit être dirigé sur l'une ou l'autre des lignes aboutissant au poste, l'inducteur est normalement hors du circuit; il y est introduit, au moment voulu, à l'aide d'un commutateur spécial appelé *permuteur*. Il existe en outre un certain nombre de *postes de pleine voie*, espacés de 3 kilomètres au plus, et dans lesquels la manivelle est maintenue à l'arrêt par un plomb de scellement. Cette disposition est représentée sur la figure.

Avertisseurs à trompe. — Dans les grandes gares, où se trouvent plusieurs cloches correspondant à des directions différentes, on est exposé à confondre les annonces de trains venant des diverses voies. La Compagnie du Nord évite ce danger en remplaçant le timbre de la cloche par une trompe à air, analogue à celle des tramways. L'appareil se compose d'un mécanisme d'horlogerie semblable à celui de la cloche, mais surmonté, au lieu de timbre, par un cylindre muni d'une trompe, et contenant un piston dont la tige à crémaillère engrène avec une roue montée sur l'axe principal du mécanisme, et dentée seulement sur trois arcs de sa circonférence équidistants. Dès que le mécanisme se met en marche pour annoncer un train, cette roue fait monter le piston, qui chasse l'air à travers la trompe, et produit un son puissant. Lorsque le secteur denté abandonne le piston, celui-ci retombe par son propre poids, et se trouve prêt à fonctionner de nouveau. L'appareil fait tomber en même temps un voyant monté sur un axe normalement enclenché par un ressort rigide. Quand le mécanisme commence à tourner, l'un des butoirs situés à la périphérie d'une roue parallèle à la première abaisse le ressort, et le voyant tombe par son propre poids. On le relève à la main.

Répétiteurs de cloches. — Dans la plupart des cabines d'enclenchement, la même Compagnie a remplacé les cloches, qui seraient trop sonores ou trop coûteuses, par des répétiteurs optiques avec sonnerie trembleuse. L'appareil étudié, comme le précédent, par M. E. Sartiaux, se compose d'un électro-aimant dont les deux bobines sont enroulées en sens contraires. L'armature polarisée est attirée vers l'un ou l'autre des pôles, suivant le sens du courant que reçoit l'électro, c'est-à-dire suivant la direction du train; elle agit par suite sur l'un ou l'autre des relais, pour déclencher le voyant correspondant à la circulation du train. Au-dessous d'un écriteau fixe, « *train venant de* » apparaît le nom inscrit sur le voyant et une sonnerie tinte. Quand le train a dépassé le poste, le signaleur appuie sur un bouton pour arrêter la sonnerie et faire disparaître l'inscription.

Signaux conventionnels. — Les Compagnies qui font usage de cloches frappant des coups séparés ont adopté un certain nombre de signaux conventionnels, correspondant aux cas qui se présentent le plus fréquemment; voici ces signaux, qui sont gravés sur toutes les boîtes renfermant les inducteurs.

1° 3 groupes de chacun 3 coups : annonce d'un train impair.

2° 3 groupes de 2 coups : annonce d'un train pair.

3° 6 groupes formés alternativement de 3 coups et d'un coup : annulation de l'annonce d'un train impair.

4° 6 groupes formés alternativement de 2 coups et d'un coup : annulation de l'annonce d'un train pair.

5° 6 groupes formés alternativement de 6 et de 3 coups : demande d'une machine de secours à envoyer dans le sens impair.

6° 6 groupes formés alternativement de 6 et de 2 coups : même demande dans le sens pair.

7° 6 groupes formés alternativement de 7 et de 3 coups : demande d'une machine et d'un wagon de secours dans le sens impair.

8° 6 groupes de 7 et de 2 coups alternativement : même demande dans le sens pair.

9° 6 groupes de 3 et de 2 coups alternativement : arrêt général. Ce signal se répète trois fois.

10° 6 groupes de 4 et de 3 coups alternativement : wagons en dérive dans le sens impair.

11° 6 groupes de 4 et de 2 coups alternativement : même signal dans le sens pair.

Les deux derniers signaux se répètent deux fois.

CLOU D'ÉPREUVE. — Appareil employé par Jamin pour étudier la distribution du magnétisme. (Voy. AIMANT).

COEFFICIENT D'AIMANTATION. — Voy. AIMANTATION.

COEFFICIENT DE CHARGE. — Charge électrique nécessaire pour produire sur l'unité de surface un potentiel égal à un.

COEFFICIENT DE SELF-INDUCTION. — Voy. SELF-INDUCTION.

COERCITIVE (FORCE). — Propriété que possèdent l'acier, le nickel, le cobalt, etc., de garder l'aimantation qu'on leur a donnée. (Voy. AIMANT).

COFFERDAM. — On donne assez improprement ce nom à deux substances extraites de la

noix de certains palmiers, originaires des îles Seychelles : l'une, qui provient de l'écorce centrale, a été appliquée dans la marine à la protection des navires, par M. Pallu de la Barrière ; l'autre s'extrait des fibres extérieures et est qualifiée de sporique. C'est une poudre qui ressemble à la poudre de cacao, très légère et capable d'absorber un volume de liquide considérable. Sa densité est 0,08 ; son pouvoir absorbant est 15 pour l'eau et 20 pour l'acide sulfurique à 28° Baumé. A cause de cette propriété, M. Germain a proposé d'employer cette substance dans les piles humides (voy. PILE).

COLLECTEUR A GOUTTES D'EAU. — Pour déterminer le potentiel en un point d'un champ électrique, le meilleur procédé consiste à placer en ce point une pointe faisant partie d'un conducteur isolé et relié avec un électromètre. L'équilibre ne peut avoir lieu tant que la pointe, et par suite le conducteur qui la porte, n'ont pas pris le potentiel des couches d'air les plus voisines. Vu la difficulté d'obtenir une pointe parfaite, on se sert d'un vase isolé laissant échapper un mince filet d'eau. On détermine ainsi le potentiel au point où la veine liquide cesse d'être continue et se résout en gouttelettes.

COLLECTEUR DES MACHINES D'INDUCTION. — Organe des machines d'induction sur lequel frottent les balais qui recueillent le courant induit.

COLLECTEUR POUR PILES. — On donne ce nom à certains commutateurs qui permettent de faire varier rapidement le nombre d'éléments de piles intercalé dans un circuit. La plupart des piles médicales (Voy. ce mot) sont munies d'un appareil de ce genre.

COLLECTEUR (PLATEAU). — Plateau d'un condensateur qu'on fait communiquer avec la source d'électricité, l'autre étant relié au sol.

COMBINATEUR. — Org e de certains appareils télégraphiques imprimeurs, qui traduit à l'arrivée le signal conventionnel envoyé par le poste transmetteur.

Combinateur de courants. — Appareil d'électricité médicale permettant d'avoir à volonté le courant voltaïque, le courant d'induction, ou les deux à la fois.

COMMOTION. — Effet physiologique ressenti par un animal qui est soumis à une variation de potentiel brusque et au moins égale à 2 volts.

COMMUNICATION DIRECTE. — Action par laquelle un poste télégraphique intermédiaire se met hors du circuit et fait communiquer ensemble directement deux postes situés de part et d'autre.

COMMUTATEUR. — Appareil permettant de changer brusquement le sens du courant qui traverse un circuit, sans enlever les communications, ou de faire passer à volonté le courant d'un circuit dans un autre. Ces appareils, imaginés par Ampère, sont fréquemment employés dans les expériences d'électrodynamique, dans les télégraphes, etc.

Commutateurs inverseurs. — On peut désigner ainsi les appareils qui servent à faire passer, interrompre ou renverser le courant dans un circuit *unique*. Ce sont ceux qu'on emploie le plus souvent dans les expériences d'électro-dynamique. Nous décrirons à l'article INTERRUPTEUR les appareils qui servent seulement à interrompre le courant, mais non à le renverser.

Commutateur de Ruhmkorff. — Il se compose d'un cylindre d'ivoire ou d'ébonite pouvant tourner autour de son axe, qui est en laiton, mais formé de deux parties séparées au milieu. Deux lames de laiton, reliées respectivement aux deux extrémités de l'axe par des vis qui traversent la matière isolante, sont fixées sur la périphérie du cylindre, aux extrémités opposées d'un même diamètre. Ces lames communiquent, par l'intermédiaire des deux parties de l'axe et des montants, avec les deux pôles de la pile. Les deux extrémités du circuit s'attachent à deux bornes reliées à deux res-

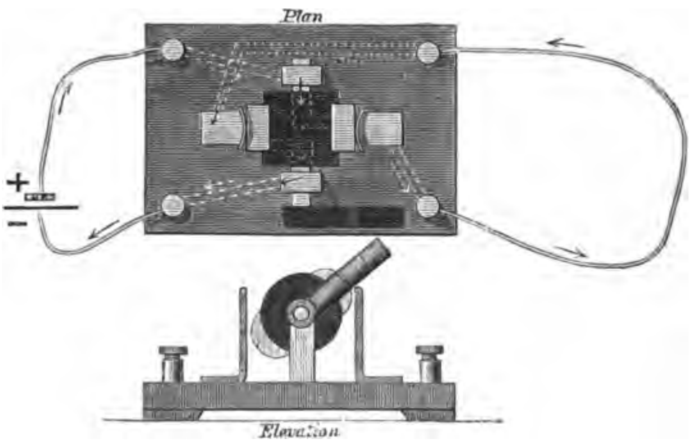


Fig. 165. — Commutateur de Ruhmkorff.

sorts verticaux placés de chaque côté du cylindre. Quand la manette qui commande le cylindre est verticale, celui-ci présente aux ressorts sa surface isolante, qui d'ailleurs n'est pas assez large pour les toucher : le circuit est ouvert. Si l'on tourne la manette de 90°, comme le représente le plan, les lames de laiton viennent toucher les ressorts et le courant passe. Il est évident que ce courant traversera le circuit dans un sens ou dans l'autre, suivant que la manette sera à droite ou à gauche, ce changement ayant pour effet de permuter les lames de laiton, et par suite les pôles de la pile, qui sont en contact avec chaque ressort. La manette est souvent remplacée par un bouton. Avec ce petit appareil, les communications établies dans le cylindre isolant n'étant pas apparentes, il est généralement impossible de connaître le sens du courant dans le circuit, ce qui est parfois un grave inconvénient.

Commutateur de Bertin. — Pour ces rais[ons] l'appareil précédent est souvent remplacé [au]jourd'hui dans les appareils d'électrodyn[am…] que par le commutateur de Bertin, formé d[…] disque d'ébonite, qu'on peut faire tourner [au]tour de son centre au moyen de la ti[ge] (fig. 166). Sur ce disque sont fixées deux ban[des] de cuivre : l'une *o*, rectiligne, communique [par] l'axe de rotation et la borne P avec le p[ôle] positif; l'autre *ei*, en forme d'U, communi[que] avec un ressort placé sous le disque et [qui], pendant la rotation, frotte toujours sur l[a] bande de cuivre qui aboutit à la borne N reliée au pôle négatif. Aux bornes *bb'*, qui p[or]tent les ressorts *rr'*, s'attachent les deux ex[tré]mités du circuit. Si l'on place la tige *m* à é[gale] distance des deux butoirs *cc'*, les bandes o e[t …] ne touchent pas les ressorts *rr'* et le circui[t est] ouvert. Si l'on pousse la tige *m* vers *c'*, com[me] le montre la figure, la bande *o* touche [le]

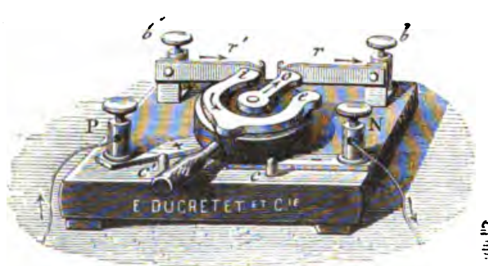




Fig. 166. — Commutateur de Bertin.

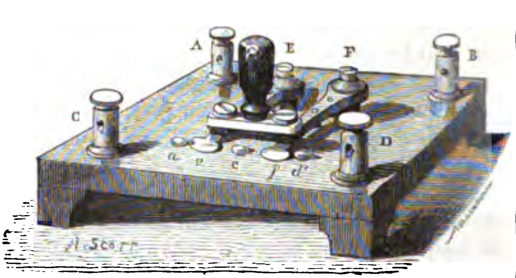


Fig. 167. — Commutateur à bandes parallèles.

ressort *r* et l'extrémité *i* le ressort *r'* : le courant entre dans le circuit par *r* et en sort par *r'*. Il est évident que, si l'on pousse la tige *m* en sens contraire, la bande *o* viendra toucher *r'* et l'extrémité *e* de la bande en U touchera *r* : le courant entrera donc par *r'* et sortira par *r*. Dans cet appareil, toutes les communications sont apparentes, et des flèches, gravées sur les bandes de cuivre, permettent de trouver à chaque instant le sens du courant, si les bornes P et N sont reliées respectivement aux pôles correspondants.

Commutateur à bandes parallèles. — L'appareil suivant réalise une disposition inverse de la précédente. Deux tiges de cuivre, commandées par un bouton isolant, peuvent tourner autour de leurs extrémités E et F, en restant parallèles (fig. 167), et sont reliées par ces points avec les bornes A et B, où s'attachent les extrémités du circuit. En avant sont placés trois boutons métalliques en forme de gouttes de suif; celui du milieu *c* est en communication avec la borne C, les deux autres *a* et *d'* ave[c la] borne D, ces bornes étant reliées aux d[eux] pôles. Dans la position figurée, les tiges m[o]biles ne touchent pas les boutons *a*, *c*, *d'* : [le] circuit est ouvert. Suivant qu'on pousse [les] tiges à gauche ou à droite, le courant pa[sse] dans un sens ou dans l'autre. Cet instrume[nt] est moins robuste que le précédent, et ne pe[r]met pas de suivre avec la même facilité le sen[s] du courant.

Commutateur rapide. — Il peut arriver qu'on ait besoin de produire des inversions fréquentes du courant. Le commutateur représenté figure 168 s'y prête très bien. Quatre trous pleins de mercure, creusés dans un plateau d'ébonite, sont joints en diagonale, et chaque paire est reliée à l'un des bouts du circuit. Deux fils de cuivre recourbés, communiquant respectivement avec les deux pôles de la source, peuvent tourner autour d'un axe horizontal. Il est évident que le courant change de sens dans le circuit suivant qu'on fait plonger

ces fils dans les godets placés à droite ou à gauche.

Ainsi disposé, l'appareil peut remplacer les commutateurs précédents. Si l'on veut au contraire produire des inversions répétées, on donne à l'axe de rotation horizontal un mouvement oscillatoire, à l'aide d'une tige commandée par une manivelle placée sur l'axe d'un

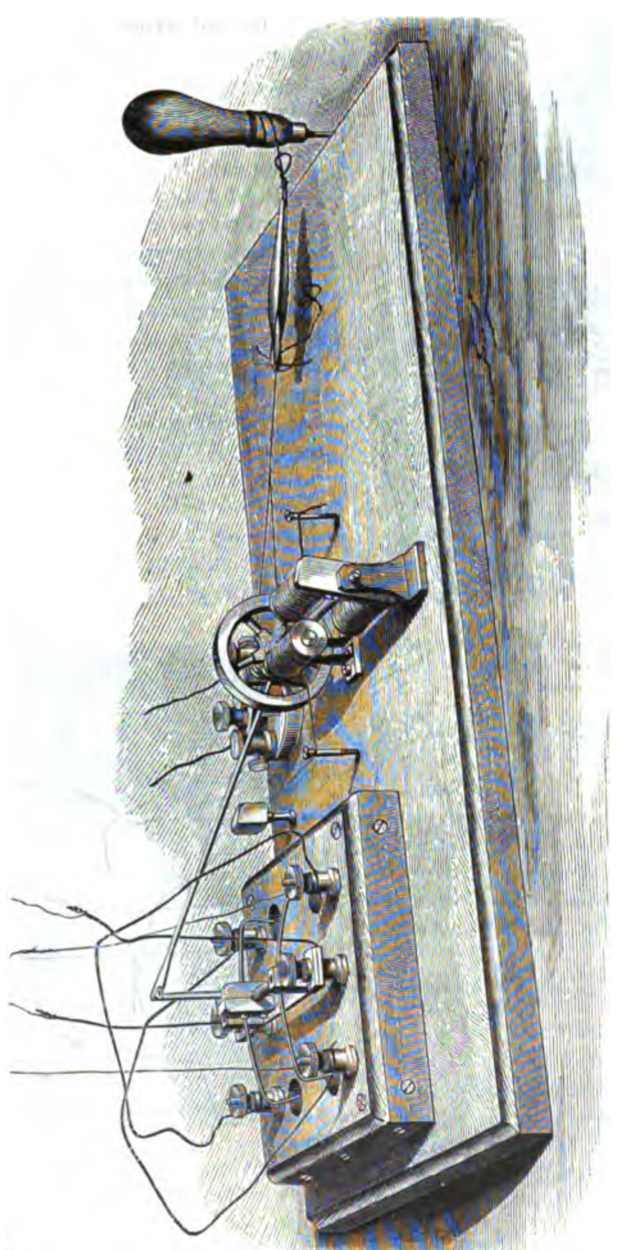


Fig. 168. — Commutateur rapide.

petit moteur magnéto-électrique. La vitesse est réglée par un frein à frottement, formé d'un ruban de soie qui passe sur une poulie montée sur l'axe, et qui s'attache à une bande de caoutchouc que l'on peut tendre en tournant une poignée. Ce dispositif, qui peut donner trente inversions par seconde, est très commode. Il a été employé par M. Gordon avec sa balance d'induction pour l'étude du pouvoir inducteur spécifique.

Commutateur à chevilles. — Dans un certain nombre d'appareils, les communications s'établissent au moyen de fiches semblables à celles des boîtes de résistances. La figure 169

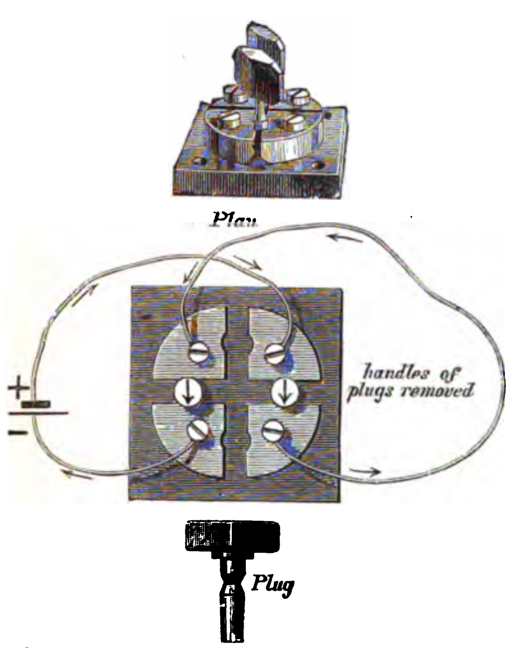


Fig. 169. — Plan et élévation d'un commutateur à chevilles. *Plug.* — Cheville. *Handles of the removed..* — Têtes de chevilles enlevées.

montre le plan et l'élévation d'un de ces appareils, formé de quatre secteurs isolés. Deux secteurs opposés sont reliés aux pôles de la pile, les deux autres aux extrémites du circuit. Les chevilles étant placées comme sur le plan, le courant suit le sens des flèches; si on les enfonce dans les deux autres trous, comme on le voit sur l'élévation, le sens du courant est changé dans le circuit.

Il existe beaucoup d'appareils analogues au

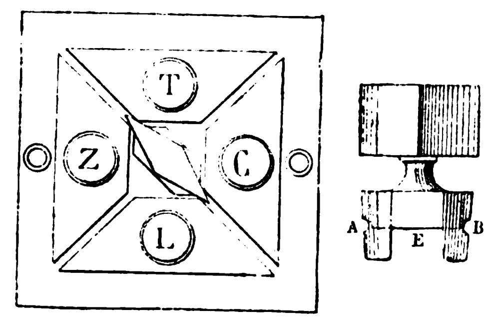


Fig. 170. — Commutateur carré.

précédent. L'un des plus simples est le *commutateur carré* de M. Bourseul, représenté à l'échelle $\frac{1}{2}$ (fig. 170). Il est formé de quatre pièces métalliques séparées par des fentes : les blocs C et Z communiquent avec les pôles, les blocs L et T avec les deux extrémités du circuit. On fait usage d'une cheville unique, représentée à part, et qui porte deux prismes triangulaires de laiton A et B, isolés par une pièce d'ébonite E. Si la cheville est placée comme sur la figure, le courant partant du pôle positif C entre dans la ligne par L et en revient par T. Si elle est disposée suivant l'autre diagonale, le courant est renversé. Enfin, si elle est enlevée, le circuit est rompu.

Commutateurs à plusieurs directions. — Dans la plupart des applications industrleiles, télégraphes, téléphones, éclairage, etc., les commutateurs servent, non pas à renverser le courant dans un même circuit, mais à le lancer à volonté dans plusieurs circuits à la fois ou successivement.

Commutateur à manette. — Lorsqu'on veut seulement faire passer le courant successivement d'un circuit dans un autre, on emploie un commutateur à manette, formé d'une lame métallique pouvant tourner autour d'un point



Fig. 171. — Commutateur à six directions.

fixe, par lequel arrive le courant : l'extrémité libre glisse sur une série de pièces métalliques communiquant avec les différents circuits. Le courant passe dans le circuit correspondant à la pièce sur laquelle repose la manette. Le modèle représenté figure 171 peut envoyer le courant à volonté dans six directions différentes.

reliées avec les six pièces rangées en arc de cercle. La fiche placée près du point fixe pénètre dans une rainure séparant en deux la bande métallique qui reçoit le courant : il suffit donc de l'enlever pour interrompre à la fois tous les circuits. L'autre fiche sert à relier ensemble deux directions.

Commutateur bavarois. — Le commutateur représenté figure 172 est formé d'une plaque de

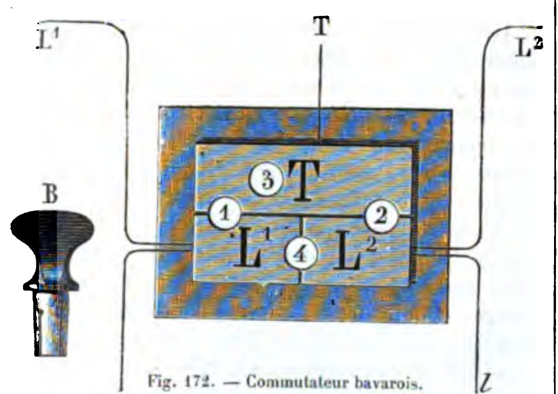


Fig. 172. — Commutateur bavarois.

cuivre allongée T et de deux plaques plus courtes L^1 et L^2 ; ces trois plaques, disposées sur un support isolant, sont séparées par des fentes étroites. En plaçant la fiche B dans les trous 1, 2, 4, on fait communiquer deux à deux ces pièces et les fils qui y aboutissent. Les communications sont interrompues quand la fiche est placée en 3. Cet appareil est employé dans les postes télégraphiques intermédiaires pour établir la communication directe entre deux postes situés en deçà et au delà, ou relier la station successivement ou simultanément avec chacun de ces postes.

Cette disposition peut être généralisée et appliquée à un plus grand nombre de directions.

Commutateur alsacien. — Cet appareil, nommé commutateur universel en Allemagne et en Angleterre, permet de réaliser encore un plus grand nombre de dispositions et de faire communiquer un certain nombre de lignes, de toutes les façons possibles, avec des lignes également nombreuses, d'une autre direction. Les lignes du premier groupe aboutissent respectivement à des bandes métalliques A, B, C, D,.... fixées parallèlement sous une planchette de bois, celles de l'autre groupe à d'autres bandes parallèles 1, 2, 3, 4,... disposées sur la même planchette perpendiculairement aux premières. A tous les points de croisement des bandes des deux systèmes, sont pratiqués des trous qui traversent complètement la planchette et les bandes. Pour faire communiquer une ligne B du premier groupe avec une ligne 4 du second, il suffit d'enfoncer une fiche dans

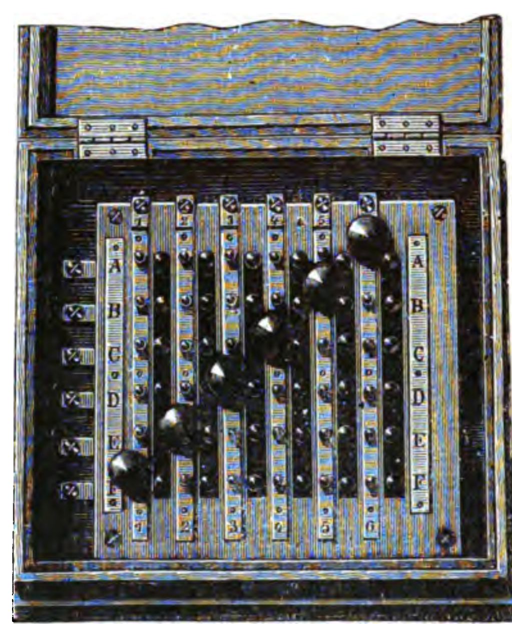


Fig. 173. — Commutateur alsacien. (Société alsacienne de constructions mécaniques, Belfort.)

le trou placé au point de rencontre des deux bandes B et 4.

Dans les bureaux centraux des téléphones et des télégraphes, où les fils sont très nombreux, on fait usage de rosaces fondées sur le même principe ; mais les points de contact sont situés sur des cercles concentriques.

Commutateur de démarrage. — Appareil imaginé par M. Marcel Deprez lors des expériences de transmission de la force entre Creil et Paris (1885-86), et destiné à amorcer l'excitatrice de la machine réceptrice, au commencement de chaque opération, par le courant même de la génératrice.

L'anneau de la réceptrice et celui de son excitatrice étaient reliés par une courroie. Au commencement de l'opération, le commutateur mettait le circuit local de la réceptrice en communication avec la ligne, de sorte que le courant de la génératrice passait à la fois dans l'induit et dans l'inducteur de la réceptrice. Celle-ci se mettait à tourner et communiquait son mouvement à l'excitatrice. A mesure que la vitesse augmentait, l'excitatrice s'amorçait et son courant, passant dans l'inducteur de la réceptrice, augmentait l'intensité du champ.

Lorsqu'il avait atteint sa valeur normale, on mettait, à l'aide du commutateur, le circuit local hors du circuit de ligne; cette interruption se faisait d'une manière graduée, pour éviter l'extra-courant.

COMMUTATEUR-SUBSTITUTEUR AUTOMATIQUE. — Petit appareil imaginé par M. Clerc, et destiné à remplacer automatiquement une lampe éteinte par une autre. Il a l'avantage d'être très simple et fort peu embarrassant : il convient particulièrement aux lampes à incandescence. C'est une bobine de 3 centimètres de diamètre sur 8 de hauteur, dans laquelle passe le courant qui alimente la lampe en service : dans ces conditions, la bobine attire et maintient soulevé un cylindre de tôle très léger placé dans son intérieur et muni de deux pointes à la partie inférieure. Si la lampe vient à s'éteindre, ce cylindre n'est plus attiré par la bobine ; il retombe, et les deux pointes, pénètrant dans deux godets de mercure, ferment un circuit qui contient la lampe de réserve et, par conséquent, celle-ci se trouve allumée. Il est évident que la lampe de réserve peut être remplacée au besoin par une résistance équivalente.

COMPAS DE MER ou **DE VARIATION.** — Voy. BOUSSOLE MARINE.

COMPENSATEUR DE BARLOW. — Barlow a imaginé, en 1823, de compenser l'action des masses de fer d'un navire sur l'aiguille aimantée de la boussole au moyen d'un disque de fer placé dans le voisinage de cet appareil. On commence par déterminer les positions qu'il faut donner à ce compensateur pour toutes les orientations du navire. Cette graduation doit évidemment être recommencée chaque fois qu'on change de latitude.

COMPOUND (DYNAMO). — Machine dynamo dont l'inducteur possède deux circuits montés l'un en série, l'autre en dérivation. (Voy. EXCITATION.)

COMPOUND (FIL). — Fil télégraphique composé d'une âme d'acier entourée d'une couche de cuivre.

COMPTEUR D'ÉLECTRICITÉ. — Les compteurs servent, dans les distributions d'électricité, à mesurer exactement la quantité d'énergie électrique consommée par l'abonné, et par suite à déterminer la somme qu'il doit payer; ces appareils jouent donc un rôle analogue à celui des compteurs à gaz.

La quantité d'électricité qui traverse un appareil en un temps t est

$$Q = It$$

si l'intensité est I pendant ce temps.

On peut donc connaître Q en déterminant l'intensité à chaque instant; il suffira de recourir à un phénomène qui soit proportionnel à l'intensité du courant. Les compteurs sont donc des *coulombmètres.*

On peut se servir des actions chimiques; un courant qui traverse un électrolyte dépose à l'électrode négative un poids de métal proportionnel à I et par conséquent à Q. (Voy. INTENSITÉ.)

Une fraction connue, la centième ou la millième partie du courant, traverse une dissolution de sulfate de cuivre ou d'azotate d'argent dont le métal se dépose sur l'électrode négative. L'augmentation de poids de cette électrode donne le nombre de coulombs qui ont été dépensés pendant le temps de l'expérience. Cette manière d'opérer n'est pas exempte d'inconvénients. Si la pesée des lames peut être faite avec précision, c'est en somme une opération longue et délicate, et, comme l'on utilise seulement une faible fraction du courant, la moindre erreur commise dans les mesures se trouve ensuite multipliée par 100 ou par 1000. Cette méthode exige en outre que le courant soit toujours de même sens.

Compteur Edison. — La figure 174 représente le compteur Edison, fondé sur ce principe. Deux voltamètres hermétiquement fermés sont remplis d'une solution de sulfate de zinc de densité 1,286. Les électrodes de chaque flacon sont constituées par trois plaques de zinc amalgamées et entretoisées entre elles : celle du milieu, munie d'une tige en cuivre de section carrée, est reliée au fil positif; les deux autres, réunies métalliquement par une entretoise avec tige en cuivre ronde, forment l'électrode négative.

Lorsque les plaques ont servi, il faut, avant de les peser, les laver soigneusement à l'eau pure, puis les frotter avec un linge fin pour enlever les sels de zinc qui adhèrent légèrement au métal. On fait ordinairement les mesures en déterminant la perte de poids des plaques positives.

Edison a modifié son compteur en suspendant les deux électrodes aux extrémités d'un fléau de balance, qui s'incline peu à peu sous l'influence de l'augmentation de poids de l'électrode négative et de la diminution de l'électrode positive. Lorsque la différence a atteint une certaine valeur, la balance change le sens du courant, et, par suite, le dépôt se faisant en sens contraire, le fléau se redresse, puis s'incline de l'autre côté. Lorsque la diffé-

rence de poids a atteint de nouveau la même limite, mais en sens contraire, le courant est interverti de nouveau. Les mouvements du fléau commandent un système d'engrenages anologues à ceux des compteurs à eau et à gaz, et la quantité d'électricité s'enregistre sur des cadrans.

Le même inventeur a construit un autre modèle dans lequel les gaz, oxygène et hydrogène, provenant de la décomposition de l'eau acidulée, se dégagent dans une cloche qu'ils soulèvent. Quand la cloche est remplie, une étincelle enflamme le mélange détonant, et la cloche retombe : ses mouvements sont transmis à un compteur.

Les compteurs Thomson et Ferranti, Sprague et Édison, etc., sont fondés sur le même principe.

Compteur Lippmann. — Le compteur de M. Lippmann est fondé sur le même principe que son ampèremètre : il en diffère en ce que la lame mince de mercure communique, d'une part avec un réservoir rempli de ce liquide, et d'autre part avec un tube vertical qui se recourbe

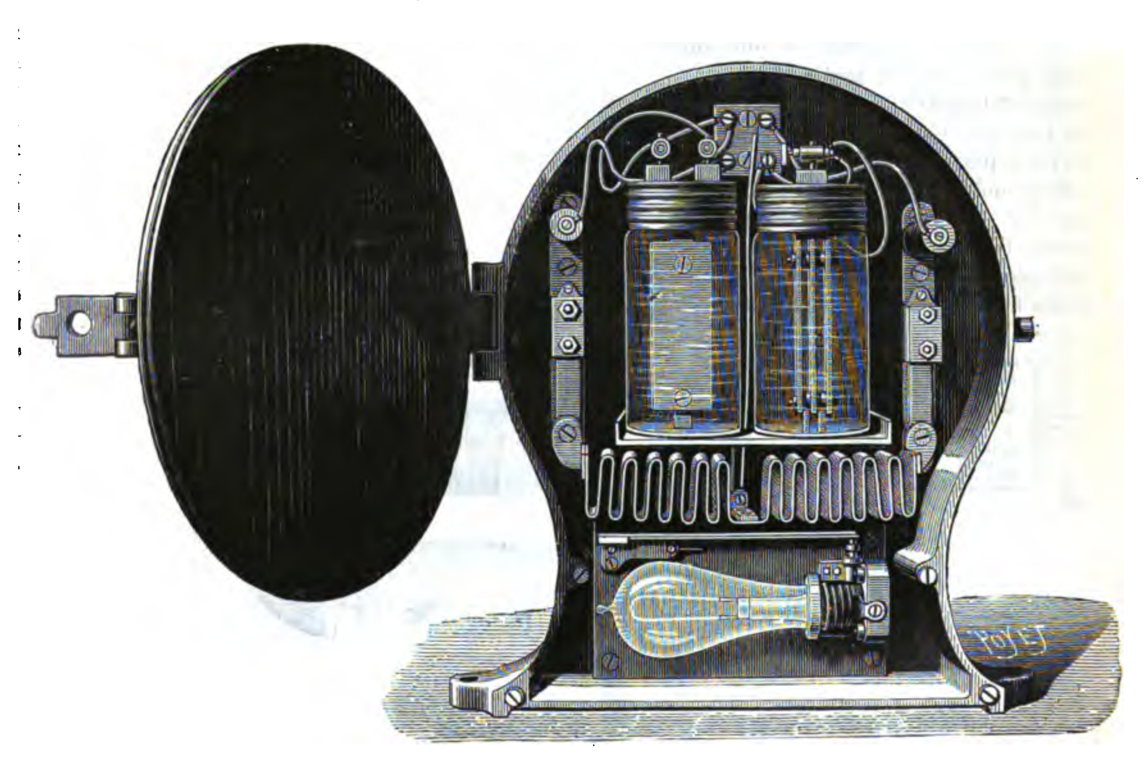


Fig. 174. — Compteur Edison. (Compagnie continentale Edison, Paris.)

et vient s'ouvrir au-dessus du réservoir. Quand un courant traverse l'appareil, le mercure s'élève dans le tube et retombe dans le réservoir. Le poids de mercure écoulé est proportionnel à la quantité d'électricité qui a traversé l'appareil.

Pour enregistrer ce poids, le mercure ne re tombe pas directement dans le réservoir : il coule dans un basculeur à augets, dont les oscillations commandent un mécanisme qui enregistre leur nombre sur des cadrans. On détermine d'abord la quantité d'électricité qui correspond à chaque division.

Compteur Cauderay. — Ce compteur enregistre à chaque instant les indications d'un ampèremètre. Voici son principe (fig. 175).

Supposons qu'un cylindre R, tournant uniformément avec une vitesse d'un tour par seconde, ait sa surface divisée en cercles parallèles, munis de chevilles métalliques dont le nombre va en augmentant régulièrement depuis le milieu jusqu'aux extrémités. Ainsi les cercles *n* portent chacun une cheville, les cercles *o* en ont deux, les cercles *p* en ont trois, etc., et le cercle *m*, placé au milieu, n'en a pas du tout. Devant ce cylindre se meut l'aiguille *a* d'un ampèremètre dont la pointe vient se placer devant les cercles *n*, *o*, *p*, suivant que l'inten-

sité indiquée est de 1, 2, 3..., ampères. Cette aiguille est terminée par une partie métallique qui peut frotter sur les chevilles, et l'on voit immédiatement qu'il se produira 1, 2, 3.., contacts par seconde, suivant que l'intensité sera 1, 2, 3... ampères. Il suffit donc que chaque contact de l'aiguille et d'une cheville soit relié mécaniquement ou mieux électriquement avec un mécanisme qui fasse avancer une aiguille d'une division sur un cadran, pour que ce cadran indique en coulombs la quantité d'électricité qui a traversé le circuit.

En réalité le coulomb est une unité trop petite pour la pratique : aussi se contente-t-on de faire décrire au cylindre un tour par 100 secondes ; chaque contact indique alors qu'il a passé pendant 100 secondes un courant d'un ampère, ce qui fait 100 coulombs. L'unité industrielle la plus commode paraît être le myriacoulomb, qui vaut 10,000 coulombs. Enfin la disposition des dents n'est pas aussi simple que nous l'avons supposé. Elles sont placées suivant une règle particulière, afin que, lorsque l'aiguille se trouve entre deux divisions, la pièce métallique qui la termine rencontre à la fois les chevilles de deux sections droites et enregistre un chiffre donnant la valeur intermédiaire.

La figure 176 montre l'ensemble de l'appareil. L'ampèremètre employé est un modèle de M. Deprez, ayant seulement une résistance de 0,01 ohm ; on peut le régler d'après un étalon, en déplaçant les pièces polaires qui sont fixées à des vis. Il est placé à la partie supérieure de l'appareil ; on voit en A son aimant en acier d'Allevard.

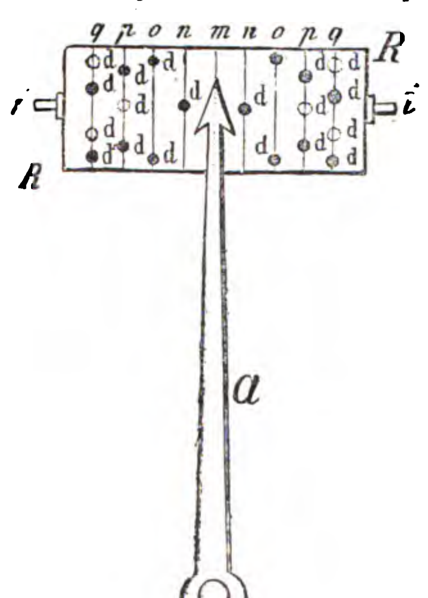


Fig. 175. — Principe du compteur Cauderay.

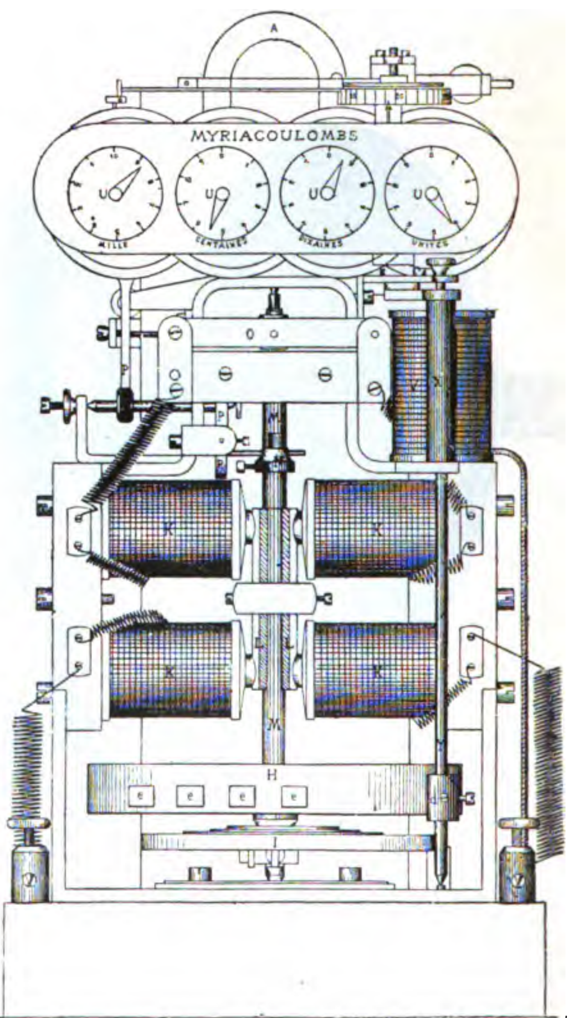


Fig. 176. — Élévation principale du compteur Cauderay.

Le cylindre denté R est mû par le balancier circulaire H, réglé lui-même par le spiral I, et maintenu en mouvement par les électro-aimants K et les armatures de fer doux L. Ces électro-aimants, d'une résistance de 1000 ohms, sont montés en dérivation, d'après le système du régulateur de M. Hipp.

Ce compteur est muni en outre d'un appareil déclencheur, dont la bobine se voit en V, qui permet au mécanisme d'horlogerie de se mettre en marche seulement pour une certaine valeur de la différence de potentiel, et l'arrête dès que cette différence devient inférieure à la limite fixée. Cette particularité présente une grande importance pour le consommateur. Ainsi les lampes Edison ne fonctionnent bien qu'avec une différence de potentiel de 100 volts : pour une valeur inférieure, elles ne brûlent qu'en veilleuse, et l'électricité dépensée ne profite pas à l'abonné. Si le compteur Cauderay est réglé pour 100 volts, il n'enregistrera rien tant que la différence de potentiel n'atteindra pas cette limite, et le consommateur, n'ayant pas joui d'un éclairage convenable, n'aura rien à payer.

Tel que nous l'avons décrit, le compteur Cauderay est destiné aux courants continus. Pour les courants alternatifs, on remplace l'ampèremètre par un électrodynamomètre. Ce compteur a l'inconvénient d'être compliqué, et de n'enregistrer que les unités, sans tenir compte des fractions.

Compteur Aron. — On sait que les oscillations du pendule sont isochrones, pourvu qu'elles aient une faible amplitude; mais la durée de l'oscillation dépend de la force qui produit le mouvement : elle est inversement proportionnelle à la racine carrée de son intensité. Le compteur Aron est formé de deux pendules (fig. 177) : celui de gauche est un pendule ordinaire; celui de droite porte à la partie inférieure un aimant au lieu d'un poids de laiton. Ces deux pendules sont actionnés chacun par un mouvement d'horlogerie à ressort et commandent un mécanisme différentiel, qui indique la différence de leurs durées d'oscillation.

Lorsqu'aucun courant ne traverse l'appareil, les deux pendules ont exactement la même durée d'oscillation; mais, lorsqu'on lance un courant dans la bobine placée au-dessous du pendule de droite, le sens de l'action électromagnétique est tel que la vitesse de ce pendule se trouve accélérée d'autant plus que ce courant est plus intense. Le compteur enregistre cette différence de marche et peut indiquer, au moyen de cinq cadrans, tous les chiffres de 1 à 100000. Il suffit de multiplier le résultat par un facteur constant déterminé à l'avance et inscrit sur l'appareil, pour connaître le nombre de coulombs consommés. L'appareil peut fonctionner un mois sans être remonté.

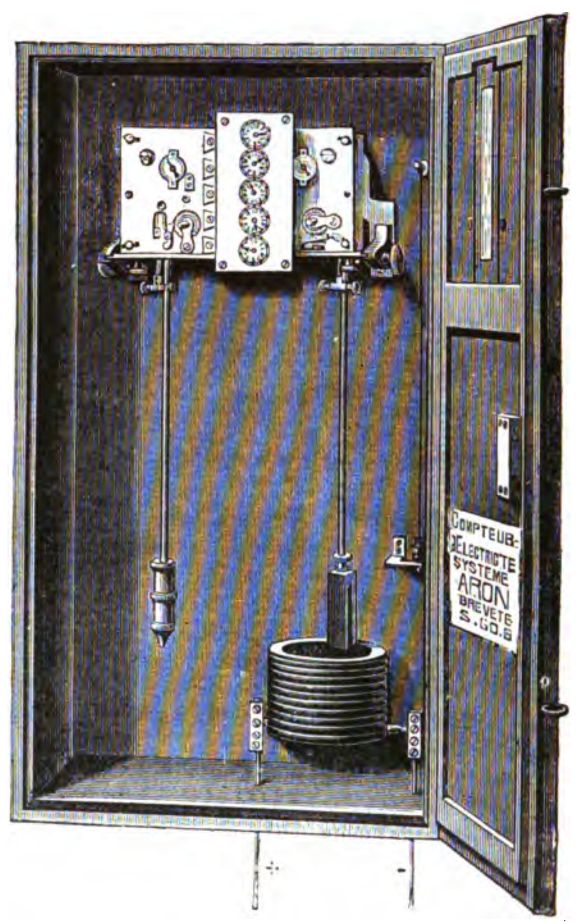


Fig. 177. — Compteur d'électricité de M. Aron.

Compteurs pour courants alternatifs. — S'il existe déjà un certain nombre de compteurs pour les courants continus, on ne peut guère citer pour les courants alternatifs que l'appareil Cauderay modifié, le compteur Forbes et le compteur Borel. Il résulte des travaux récents (1888) de MM. Chappuis et Maneuvrier la possibilité d'employer les actions électrolytiques à la mesure de la quantité d'électricité, et, avec certaines restrictions, de l'énergie électrique correspondant à ces courants.

Nous décrirons le compteur de M. Borel, qui est fondé sur les phénomènes suivants, étudiés par M. Ferrari.

Considérons le champ produit par l'action de deux bobines perpendiculaires l'une à l'autre au

point d'intersection de leurs axes. Ces deux bobines donneront deux composantes telles que Oh_x et Oh_y (fig. 178). Si les deux courants ont

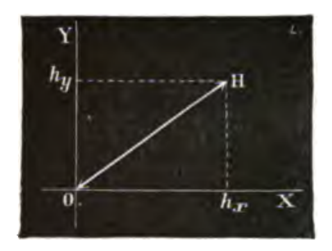


Fig. 178. — Champ produit par deux bobines rectangulaires.

même période, mais des phases différentes, les deux composantes seront de la forme

$$h_x = A \sin \frac{2\pi t}{T}$$
$$h_y = B \sin \frac{2\pi(t+\theta)}{T}$$

Si la différence de phase θ est nulle, ou égale à un nombre entier de demi-périodes, le champ résultant que l'on obtient en éliminant t entre les deux équations précédentes aura une direction constante et une intensité varient de 0 à un maximum, positif ou négatif; il sera donc représenté par une droite telle que OH.

Dans tout autre cas, il est représenté par une ellipse de centre O, sur laquelle tourne le point figuratif H. Si chaque bobine produit un champ uniforme autour du point O, le champ résultant tournera aussi d'un mouvement uniforme. Tout corps métallique placé dans un pareil champ tournera dans le même sens, par la réaction des courants de Foucault qui y prennent naissance. Si de plus le corps est magnétique, les effets pourront être encore plus marqués.

M. Ferrari a vérifié ces considérations à l'aide

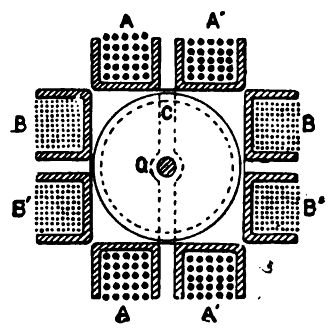


Fig. 179. — Rotation d'un disque de cuivre par les courants alternatifs.

d'un cylindre creux en cuivre, avec fonds pleins, mobile autour d'un axe horizontal O (fig. 179); les bobines AA' étaient comprises dans le circuit primaire d'un transformateur Gaulard et Gibbs et formaient environ 200 tours; les bobines BB', intercalées dans le circuit secondaire avec une résistance sans induction, formaient 500 tours. Le transformateur marchait avec une période d'environ $\frac{1}{40}$ de seconde. Le cylindre de cuivre commençait à tourner avec 5 ampères dans le circuit primaire et, en augmentant l'intensité, la vitesse montait jusqu'à 900 tours par minute.

Le compteur Borel, représenté en perspective figure 180, et antérieur à la publication du travail de M. Ferrari (1887), est fondé sur le principe qui précède. Il est formé d'un disque mince en fer d (fig. 181), porté par un axe vertical a, qui est relié par une vis sans fin avec un compteur de tours. Ce disque forme en quelque sorte l'armature d'un électro-aimant à pôles conséquents, constitué par deux bobines bb_1, montées sur un cadre en fer, et se trouve également dans le champ de deux cadres galvanométriques gg_1 dont les actions sont concordantes.

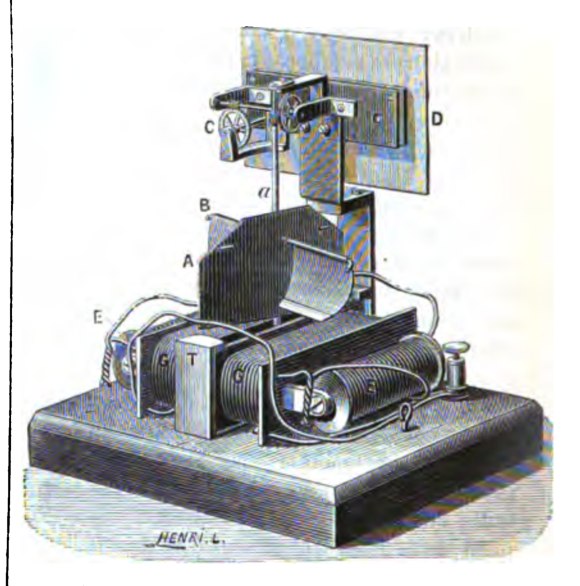
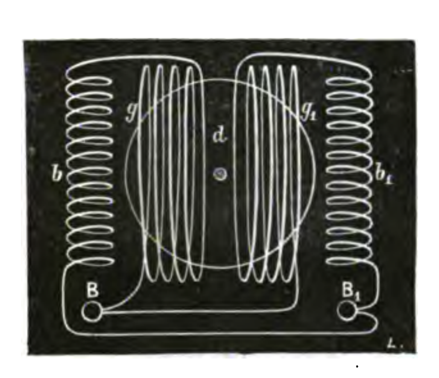


Fig. 180. — Compteur Borel (Cortaillod, Suisse).

On voit sur la figure 181 que l'appareil forme deux circuits comprenant chacun une bobine et un cadre, et reliés en quantité. Le flux d'induction de l'électro traverse le disque perpendiculairement au champ magnétique des deux cadres. Si l'appareil est traversé par des courants alternatifs, l'action des courants de Foucault dans le cadre et le disque et l'hystérésis pou-

-ant se ramener à une différence de phase, le disque se met à tourner.

On peut encore relier en tension respectivement les deux cadres et les deux bobines, et



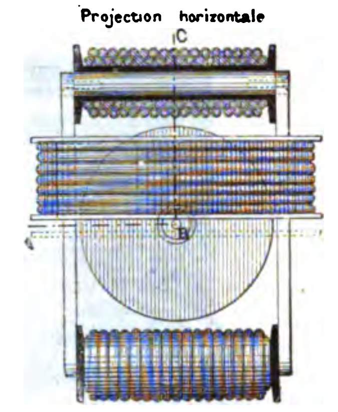


Fig. 181. — Principe du compteur Borel, de Cortaillod.

monter ces deux circuits en quantité; l'appareil se trouve alors dans les conditions indiquées par M. Ferrari, et le compteur marche parfaitement. Cet appareil est employé avec succès à la station centrale de Vevey-Montreux.

Compteurs d'énergie. — Quand on connaît la quantité d'électricité qui a traversé un appareil en un temps donné, et par suite l'intensité, on peut calculer facilement l'énergie dépensée, car elle est égale à

$$W = \epsilon I t = R I^2 t,$$

R étant la résistance de l'appareil et ϵ la différence de potentiel entre ses deux extrémités. Remarquons cependant que les compteurs qui enregistrent les indications d'un électrodynamomètre donnent directement I^2 et par conséquent l'énergie. Ces appareils sont donc des *wattmètres.* (Voy. ÉLECTROMÈTRE.)

Nous citerons en particulier l'appareil du Dr H. Aron (fig. 182) très répandu en Allemagne et fondé sur le même principe que son compteur, mais dans lequel l'aimant qui termine le pendule est remplacé par un solénoïde horizontal à fil fin, qui, pendant les oscillations, se déplace librement à l'intérieur d'un solénoïde fixe à gros fil. Celui-ci est traversé par le courant principal, et le premier reçoit seulement une dérivation. La variation de vitesse est donc proportionnelle d'une part à l'intensité totale, d'autre part à l'intensité dans la dérivation, ou à la différence de potentiel entre les deux extrémités de cette dérivation. On mesure donc en watts-heures le travail dépensé.

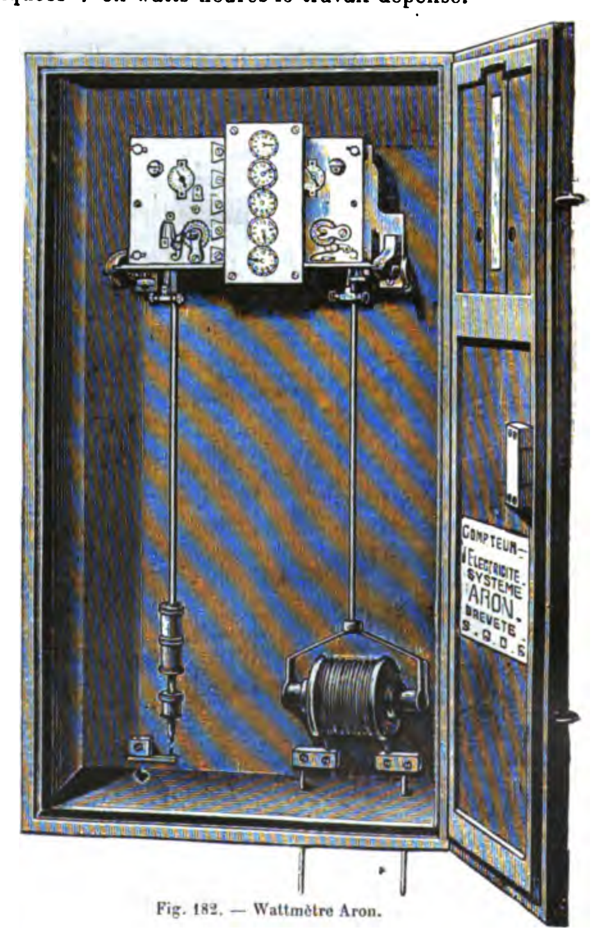
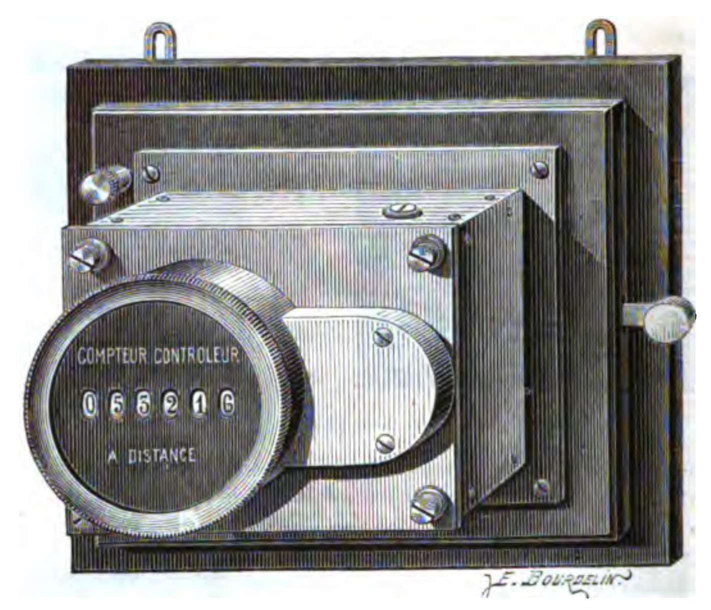


Fig. 182. — Wattmètre Aron.

Les mesureurs d'énergie de MM. Marcel Deprez, Ayrton et Perry, Vernon-Boys, Gisbert

Kapp, etc., sont fondés sur le même principe.

COMPTEUR ÉLECTRO-CHRONOMÉTRIQUE. — Horloge secondaire qui reçoit le mouvement d'une autre horloge, placée à une certaine distance, par l'intermédiaire de courants électriques (Voy. HORLOGERIE ÉLECTRIQUE).



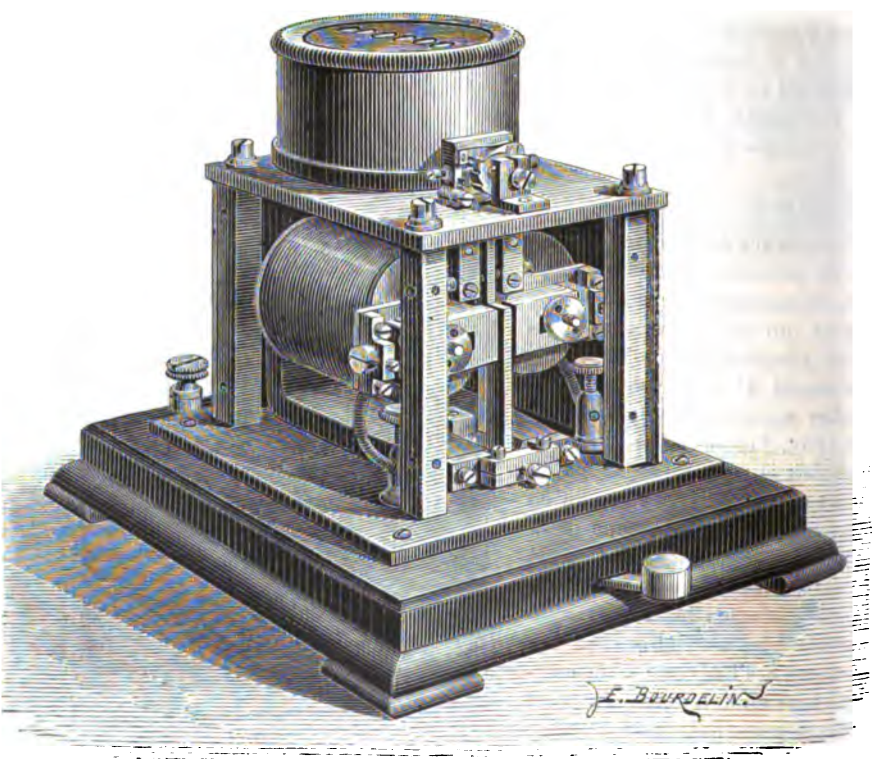


Fig. 183. — Compteurs électriques à courants alternés (Deschiens).

COMPTEUR DE POINTS. — Dans certains métiers à broder, le mouvement que fait l'ap

ιreil, à chaque point qu'il exécute, ferme un rcuit électrique et actionne un compteur.

COMPTEUR DE TOURS. — Appareil enregisant à distance le nombre de tours de l'arbre une machine. Il suffit de fixer sur l'arbre une plaque isolante au milieu de laquelle est une languette métallique. Deux ressorts frottent sur cette languette à chaque tour de l'arbre; chaque contact ferme un circuit et actionne un récepteur. Celui-ci peut être analogue à un

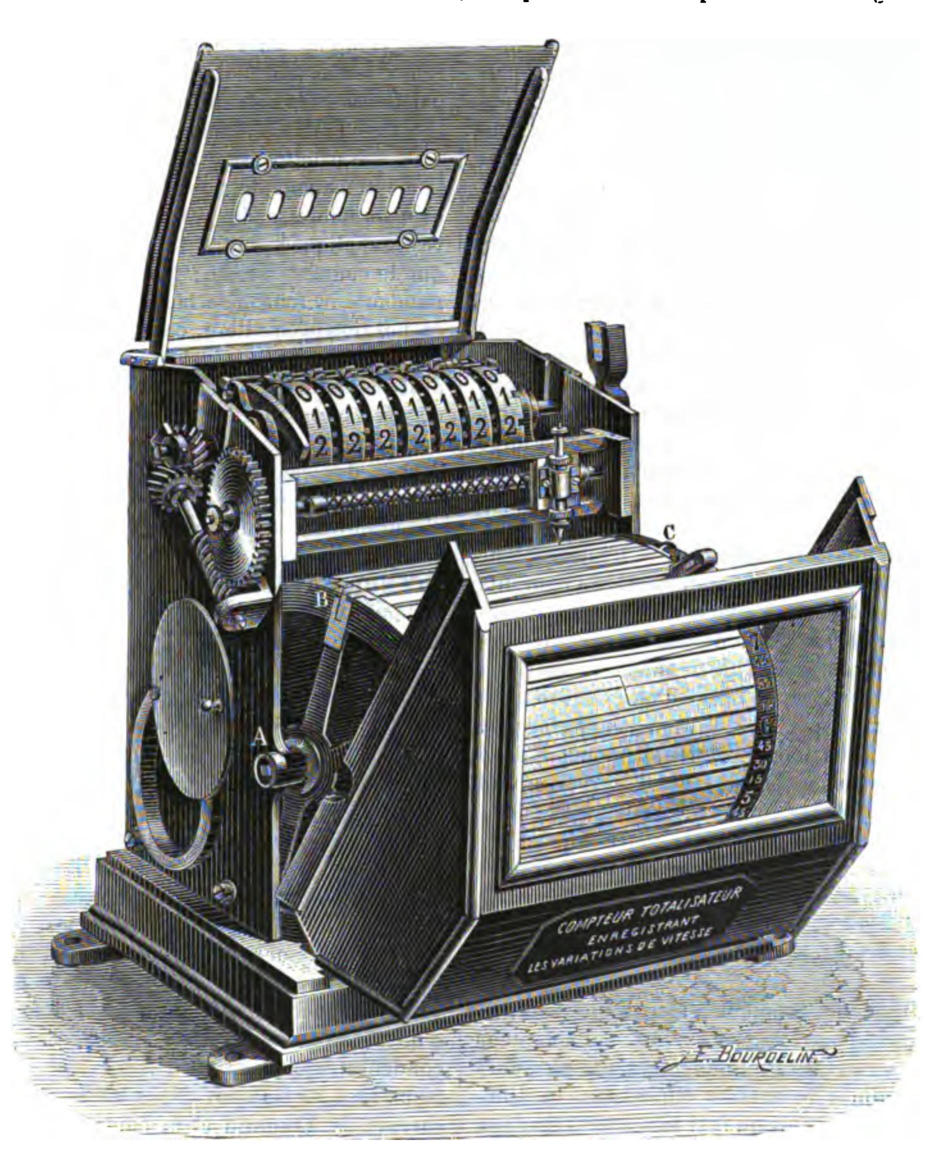


Fig. 184. — Compteur totalisateur (Deschiens).

télégraphe à cadran et faire avancer une aiguille; on devra lui ajouter évidemment d'autres cadrans pour compter les dizaines et les centaines de tours. Le récepteur peut aussi, comme celui de Morse, tracer un point ou un trait sur un papier.

Ces compteurs peuvent servir notamment à mesurer la vitesse de rotation de l'induit d'une machine magnéto ou dynamo-électrique.

M. Deschiens a imaginé récemment des compteurs de tours dont les mouvements sont combinés par des émissions de courants électriques, et qui ne renferment aucun mécanisme d'horlogerie. On peut ainsi enregistrer à distance le

nombre des tours d'une machine en plaçant sur l'arbre un appareil produisant à chaque tour l'interruption d'un courant.

Le premier système emploie des courants toujours de même sens et mesure jusqu'à 600 tours par minute; le second peut atteindre 1,500 tours, grâce à l'emploi de courants alternativement positifs ou négatifs. Un aimant permanent en fer à cheval (fig. 183) est mis en contact avec les armatures des deux bobines d'un électro-aimant entre lesquelles oscille, sous l'action des courants alternés, un levier qui commande une roue à rochet placée au-dessus. Cette roue actionne à son tour un compteur rotatif, par l'intermédiaire d'un système de roues dentées. On met l'appareil en marche et on l'arrête en fermant ou en ouvrant le circuit de la pile motrice, qui ne s'use pas inutilement.

Si la machine vient à s'arrêter dans une position telle que le circuit de la pile se trouve fermé d'une manière permanente, un appareil à force centrifuge rompt ce circuit automatiquement et le rétablit dès que la machine se remet en marche.

Compteurs totalisateurs. — L'interrupteur chargé de produire les émissions de courants peut être disposé à l'intérieur d'un autre compteur (fig. 184) commandé par la machine elle-même, et composé d'un compteur cylindrique et d'un chronographe formé d'un cylindre tournant entraîné par un mouvement d'horlogerie. Une vis à deux filets croisés fait mouvoir dans les deux sens un chariot muni d'un crayon, qui prend une vitesse proportionnelle à celle de la machine. L'inclinaison de la courbe sur les génératrices mesure la vitesse ; ses interruptions indiquent les arrêts. On peut donc connaître tous les changements d'allure qui ont eu lieu, et les heures auxquelles ils se sont produits.

M. Dumoulin-Froment a trouvé une solution ingénieuse pour totaliser sur un seul compteur les tours exécutés simultanément par plusieurs arbres animés de vitesses différentes. La difficulté à éviter, c'est que, si les circuits de deux ou plusieurs arbres se ferment au même instant, le compteur n'enregistrera qu'un tour.

Pour éviter cet inconvénient, chaque récepteur se compose d'un électro-aimant attirant une palette de fer doux, faiblement retenue par un ressort antagoniste. Quand la palette a été attirée et s'écarte de l'électro-aimant, elle ferme un circuit local contenant un compteur dont l'aiguille avance d'une division. Pour empêcher les erreurs, les différentes palettes ne peuvent quitter leurs électro-aimants qu[illegible] cessivement. A cet effet, un arbre horiz[illegible] portant des cames en nombre égal à cel[illegible] électro-aimants et placées dans des plan[illegible] métraux angulairement équidistants, t[illegible] notablement plus vite que les arbres d[illegible] veut compter les tours. Chacune de[illegible] rencontre en tournant une petite pièce [illegible] palette correspondante, si celle-ci est [illegible] tact avec l'électro-aimant.

Si une palette est attirée, grâce au m[illegible] tisme rémanent du noyau de l'électro-[illegible] et à la faiblesse du ressort antagoni[illegible] reste appliquée contre l'électro, même [illegible] que le courant a cessé; mais la came [illegible] pondante la rencontre bientôt, et la [illegible] sa position d'équilibre, ce qui ferme le [illegible] local. Si deux ou plusieurs palettes [illegible] attirées au même instant, les cames ve[illegible] dégager successivement, il ne peut se [illegible] aucune confusion dans les signaux; d'a[illegible] l'arbre des cames tournant plus vite [illegible] autres, chaque palette est revenue à sa p[illegible] d'équilibre avant qu'un autre courant so[illegible] dans son électro-aimant.

CONDENSATEUR. — On nomme ain[illegible] système de conducteurs disposé de fa[illegible] augmenter la capacité de l'un d'eux. Gén[illegible] ment un condensateur se compose d[illegible] *armatures* métalliques dont l'une, isol[illegible] mise en communication avec une source [illegible] tricité, l'autre avec le sol, et qui sont sép[illegible] par une lame isolante dont nous expliqu[illegible] plus loin l'utilité. La première armature [illegible] pelle le *collecteur* de l'appareil, la secon[illegible] *condenseur*.

Diverses formes de condensateurs. — P[illegible] expliquer la théorie de ces instruments, [illegible] sert ordinairement du condensateur d'Œpi[illegible] (fig. 185), formé de deux plateaux A et B, p[illegible] vant s'éloigner ou se rapprocher à volon[illegible] d'une lame de verre C. On emploie encore [illegible] condensateurs identiques, mais dont les p[illegible] teaux sont horizontaux. Nous citerons enfin [illegible] carreau de Franklin et la bouteille de Le[illegible] (voy. ces mots)

Théorie des condensateurs. — Les pièces B [illegible] C étant enlevées, supposons qu'on mett[illegible] plateau A du condensateur d'Œpinus en com[illegible] munication avec une machine électrique par [illegible] fil assez long pour éviter tout phénomène d'in[illegible] fluence; il se chargera de la même électricité [illegible] positive par exemple, mais la charge qu'il peut [illegible] prendre a une limite, qui est atteinte lorsque [illegible] le plateau est au même potentiel V que la ma[illegible]

chine. Si C est la capacité du plateau, sa charge est alors

$$M = CV.$$

Si l'on approche alors le plateau B, mis en communication avec le sol, il prend par influence une charge négative, d'autant plus grande qu'on l'approche davantage de A. Cette charge négative réagit à son tour sur la charge positive de A, qu'elle attire sur la face intérieure de ce plateau. Par suite de ce changement de distribution, l'équilibre est rompu sur le plateau A qui peut recevoir de la machine une nouvelle quantité d'électricité.

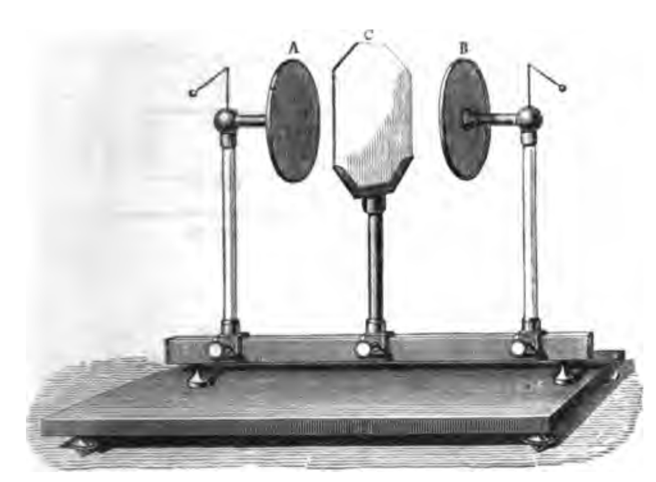


Fig. 185. — Condensateur d'Œpinus.

Le plateau A ne peut évidemment pas acquérir un potentiel supérieur à celui de la machine à laquelle il est relié; l'accroissement de charge provient donc d'une augmentation de la capacité qui devient C'; la charge est alors

$$M' = C'V.$$

Force condensante. — On appelle *force condensante le rapport des charges que prend le plateau collecteur A en présence du condenseur B ou lorsqu'il est seul.*

La force condensante est donc

$$\frac{M'}{M} = \frac{C'}{C}.$$

C'est donc aussi le rapport des capacités du collecteur dans les deux cas.

Supposons enfin qu'on approche le plateau B après avoir séparé le plateau A de la machine; la charge de A ne peut changer, puisqu'il est isolé; sa capacité devient C'; il prend donc un potentiel V' plus petit que V

$$M = C'V'.$$

On a donc

$$CV = C'V',$$

ou

$$\frac{C'}{C} = \frac{V}{V'}.$$

La force condensante est encore le rapport des potentiels qu'une même charge communique au collecteur, lorsqu'il est seul ou en présence du condenseur.

Rôle de la lame isolante. — On interpose toujours entre les armatures d'un condensateur une lame isolante, le plus souvent en verre. Cette lame joue un double rôle : d'abord elle permet de rapprocher les plateaux à une très petite distance, sans qu'il jaillisse d'étincelles, comme cela aurait lieu dans l'air; de plus, elle augmente l'influence, grâce à son pouvoir inducteur (Voy. ce mot), et la force condensante est plus grande que si les plateaux étaient séparés par la même épaisseur d'air.

Condensateurs sphériques. — La théorie est particulièrement simple et le résultat intéressant dans le cas d'un condensateur formé de deux sphères concentriques. La sphère intérieure ou le *noyau* servant de collecteur et prenant une charge + M', il résulte du théorème de Faraday (voy. INFLUENCE) que la sphère extérieure ou l'*enveloppe*, si elle communique avec le sol, prend par influence une charge — M' sur sa face intérieure. Si cette enveloppe était isolée, elle prendrait — M' sur sa face interne et + M' sur sa face externe.

Supposons l'enveloppe en communication avec le sol. Si le noyau était seul, il prendrait une charge

$$M = RV.$$

En présence de l'enveloppe, le potentiel est constant en tout point du noyau ; or au centre il est

$$V = \frac{M'}{R} - \frac{M'}{R'}$$

R et R' étant les rayons du noyau et de la face interne de l'enveloppe. On tire de là

$$M' = \frac{RR'}{R'-R} V.$$

La capacité est donc devenue $\frac{RR'}{R'-R}$, et la force condensante est $\frac{R'}{R'-R}$.

Supposons R′ très peu différent de R, et soit $e = R' - R$ l'épaisseur de la couche isolante qui sépare les deux armatures. La capacité peut s'écrire

$$\frac{R^2}{e}.$$

Mais la surface du noyau est $S = 4\pi R^2$.

La capacité peut donc s'écrire :

$$\frac{S}{4\pi e}.$$

Condensateurs fermés. — Le même rais... ment s'applique à tout condensateur do... armatures sont équidistantes, et dont le...

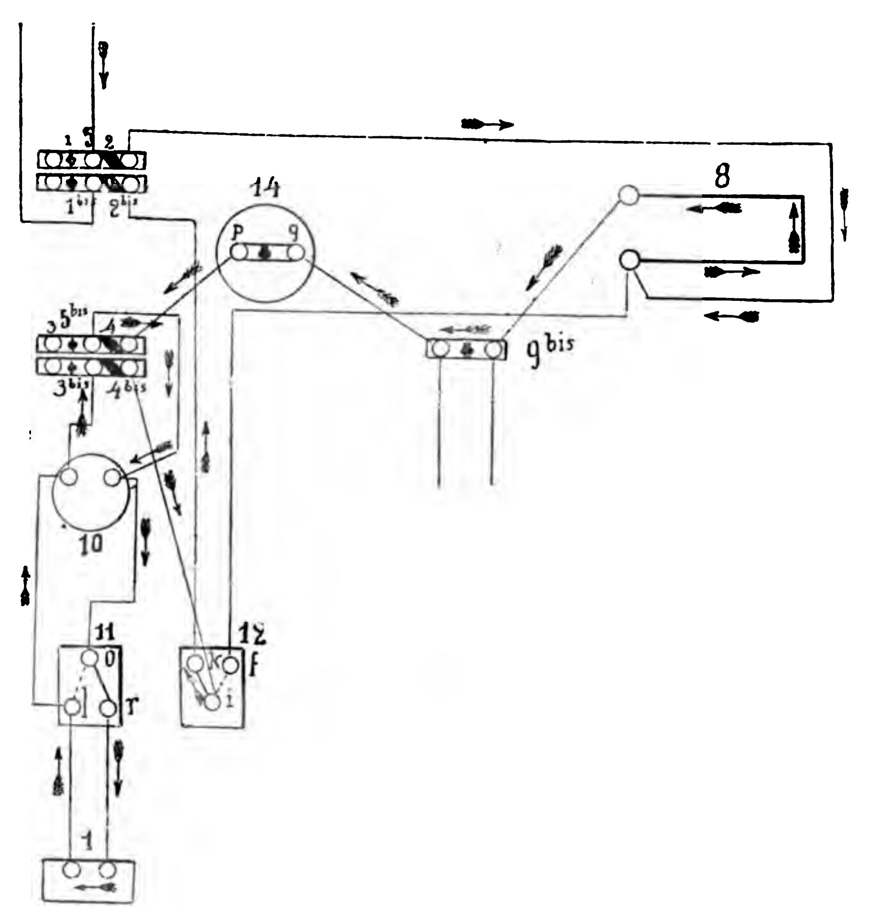


Fig. 186. — Mesure de la capacité d'un condensateu .

denseur enveloppe à peu près le collecteur, par exemple la bouteille de Leyde. Il s'étend même approximativement au condensateur plan, en négligeant les perturbations qui se produisent sur les bords.

Décharge brusque. — Si l'on réunit par un arc métallique (excitateur à manches de verre) les deux armatures A et B d'un condensateur, il jaillit une forte étincelle, et l'appareil est déchargé. Il reste cependant une *charge résiduelle* (voy. ce mot) due à la lame isolante.

Décharge lente. — On peut encore décharger un condensateur en mettant alternativement chaque armature en communication avec le... Considérons un condensateur fermé. S... touche le collecteur, il ne garde qu'une ch... M_1 telle que son potentiel devienne nul. O... potentiel est alors $\frac{M_1}{R} - \frac{M'}{R'}$, M′ étant la cha... primitive de chaque armature.

Donc

$$\frac{M_1}{R} - \frac{M'}{R'} = 0.$$

D'où

$$M_1 = \frac{R}{R'} M'.$$

Il a donc perdu une charge $M' - M_1$ ou

$$\frac{R'-R}{R'} M' \quad \text{ou} \quad \frac{e}{R'} M'.$$

Le condenseur a alors la plus grande charge ; on le touche, il ne garde que la quantité M_1 perd par conséquent autant d'électricité né-.tive que le collecteur avait abandonné d'élec-icité positive.

Un deuxième contact enlèvera de même à aque armature une quantité $\frac{e}{R'} M_1$ ou $\left(\frac{e}{R'}\right)^2 M'$; rest era donc

$$M_2 = \left(\frac{R}{R'}\right)^2 M'.$$

Les contacts successifs enlèvent donc

$$\frac{e}{R'} M', \quad \left(\frac{e}{R'}\right)^2 M', \quad \ldots.. \quad \left(\frac{e}{R'}\right)^n M',$$

et il reste après chaque contact

$$\frac{R}{R'} M', \quad \left(\frac{R}{R'}\right)^2 M', \quad \ldots.. \quad \left(\frac{R}{R'}\right)^n M'.$$

L'appareil ne serait donc complètement déchargé qu'après un nombre infini de contacts.

C'est sur la décharge lente que sont fondées les expériences de la bouteille à carillon, de l'araignée de Franklin, etc. (voy. ces mots).

Énergie d'un condensateur. — L'énergie d'un

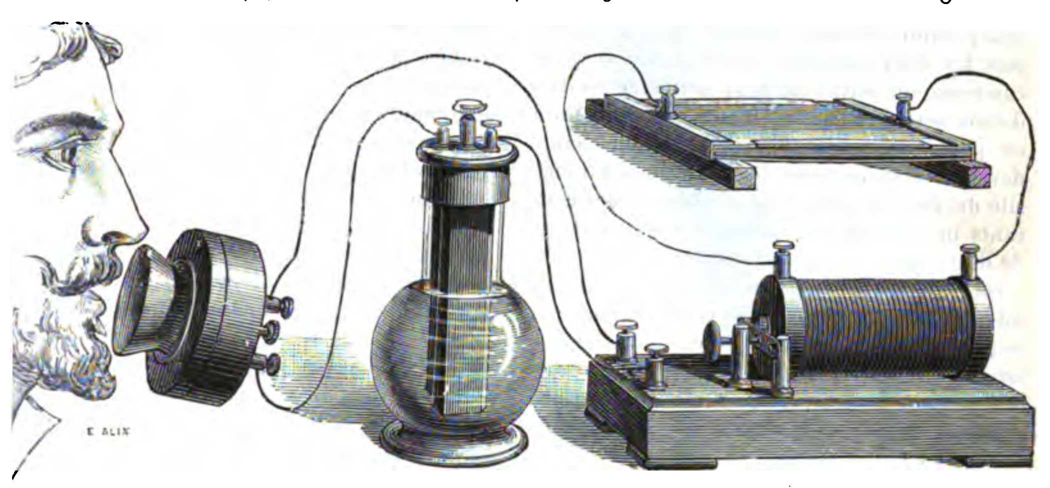


Fig. 187. — Condensateur chantant.

condensateur est égale, comme celle d'un conducteur, à

$$W = \frac{1}{2} MV = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{M^2}{C}$$

ou, en remplaçant C par $\frac{S}{4\pi e}$,

$$W = \frac{1}{2} \frac{S}{4\pi e} V^2.$$

Applications des condensateurs. — Les condensateurs sont employés dans la télégraphie et la téléphonie (voy. ces mots) pour faciliter la transmission des signaux, et dans l'électrothérapie pour la galvanisation par courants interrompus (Voy. INTERRUPTEUR).

Mesure de la capacité d'un condensateur. — On se sert d'un condensateur étalon de capacité connue, et l'on mesure les charges qui amènent les deux condensateurs au même potentiel. Pour cela, on les charge avec un même élément de pile, et on les décharge à travers un galvanomètre balistique. Les charges et par suite les capacités sont proportionnelles aux arcs d'impulsion.

Cette mesure peut se faire facilement à l'aide de la table que nous décrivons plus loin (voy. MESURES ÉLECTRIQUES). La fig. 186 montre la disposition et le sens du courant.

Les chevilles des commutateurs 5 et 5 *bis* sont dans les trous 2 et 2 *bis*, 4 et 4 *bis*.

Le courant d'un élément Daniell arrive au commutateur 5, traverse la boîte de résistance 8, la pièce 9 *bis* qui est bouchée, charge le condensateur étalon attaché aux bornes *p q* (la pièce *pq* n'étant pas bouchée), passe par les chevilles 4 (commutateur 5 *bis*), *o* et *l* (pièce 11) et revient à la pile par 4 *bis*, *i* et *k*, 2 *bis* et 1 *bis*. On réunit ensuite les bornes *o* et *r*, *i* et *f* des pièces 11 et 12, ce qui coupe le circuit des piles et permet de décharger le condensateur à travers le galvanomètre 1.

Ceci fait, on recommence la même série d'opérations en remplaçant le condensateur 14, dont la capacité est $\frac{1}{3}$ de microfarad, par le condensateur étudié, qu'on attache aux bornes de la pièce 9 *bis;* pour faire la substitution, on débouche cette pièce et l'on bouche 14.

Condensateur chantant et parlant. — On prend une bobine de Ruhmkorff, et l'on fait communiquer les deux bornes du fil inducteur d'une bobine avec une pile et un transmetteur téléphonique, puis l'on serre à fond la vis du trembleur, de sorte que le circuit soit fermé d'une manière continue et que le téléphone puisse seul produire des interruptions. On relie d'autre part les deux extrémités du fil induit avec un condensateur formé de deux séries de feuilles d'étain séparées par des lames isolantes, mica ou papier paraffiné (fig. 187). Si l'on chante devant le transmetteur, les variations d'intensité du courant inducteur produisent des courants induits, et les alternatives de charge et de décharge font parler le condensateur.

On obtient encore de meilleurs résultats en intercalant une pile dans le circuit induit : il se produit seulement dans ce cas des augmentations et des diminutions de charge, mais sans changement de sens. On peut ainsi reproduire la parole, ce qui est impossible avec la première disposition.

CONDENSATION ÉLECTRIQUE. — Augmentation de la capacité d'un conducteur produite par la présence d'autres conducteurs dans son voisinage (Voy. CONDENSATEUR).

CONDENSATION DES FUMÉES. — M. Lodge a montré en 1884 que des décharges électriques de haute tension, par exemple celles d'une machine de Voss, produites dans un récipient rempli de fumées ou de poussières de toute nature, ont pour effet de condenser très rapidement ces fumées (Voy. POINTES).

Ce procédé fut appliqué quelques mois après dans les usines de MM. Walker, Parker et C° pour provoquer la condensation rapide des fumées de plomb.

CONDENSEUR (Plateau). — Plateau d'un condensateur qui communique avec le sol.

CONDUCTEUR. — On désigne sous ce nom les corps faisant partie d'un circuit et servant à relier entre eux et avec les deux pôles de la source les différents appareils qu'elle doit actionner; ils conduisent en quelque sorte le courant depuis un pôle jusqu'à l'autre.

Ces corps doivent nécessairement être bons conducteurs de l'électricité; de là cette dénomination. Dans quelques expériences, on se sert parfois de conducteurs liquides, mais le plus souvent les conducteurs sont en métal.

On désigne sous le nom de *fils* les conducteurs qui servent à la fabrication des appareils et à la construction des lignes aériennes de faible débit; on nomme *câbles* des conducteurs formés de deux ou plusieurs fils réunis en un seul faisceau et employés, au lieu d'un conducteur unique de gros diamètre, pour les lignes de grand débit.

Conducteurs rigides Edison. — On remplace quelquefois les câbles souples par des conducteurs rigides. Ainsi la Société Edison a fait usage pour les canalisations souterraines de tringles demi-cylindriques, deux de ces tringles tournant leur face plane l'une vers l'autre, et maintenues à l'écartement convenable par des disques de carton découpé, imprégnés de matière isolante; on introduisait ensuite le tout dans un tube de fer qu'on remplissait d'une composition isolante demi-liquide.

La même Société emploie de préférence aujourd'hui des tiges cylindriques, au nombre de deux ou trois, qu'on sépare en enroulant autour de chacune d'elles, en spires très écartées, des cordes de chanvre; une autre corde sert à maintenir le faisceau, qu'on introduit ensuite dans un tube de fer. Ces tringles sont préparées par longueurs de six mètres. On les réunit bout à bout, en ayant soin d'employer des tiges de grosseur décroissante à mesure qu'on s'éloigne de la source. Les tubes de fer sont soudés à recouvrement et entourés d'un ruban goudronné, qui empêche l'oxydation. Quand une section de ligne est posée, on ferme les extrémités et l'on coule dans les tubes de fer un mélange de bitume et d'huiles lourdes, qu'on a chauffé pour le rendre suffisamment liquide, et qui reste visqueux à la température ordinaire : cet enduit a l'avantage de ne pas se fendiller comme les isolants solides, ce qui faciliterait l'introduction de l'humidité.

Enfin l'on réunit les diverses sections entre elles et avec les embranchements au moyen de boîtes de jonction représentées fig. 188. Les extrémités des tuyaux en fer sont assemblées entre les deux coquilles d'une boîte en fonte, et les âmes sont reliées entre elles à l'aide d'étriers en cuivre solidement vissés avec les tringles. Quand le montage est terminé, on coule par un trou ménagé sur la boîte un mélange isolant de même nature que celui qui remplit les tubes.

Le second modèle est destiné à prendre sur

les conducteurs généraux d'une maison la dérivation nécessaire au service d'un étage ou d'un appartement. L'un des fils secondaires est relié au conducteur principal par un coupe-circuit en plomb.

Nature des conducteurs. — Les conducteurs rigides sont en cuivre; il en est de même des câbles; lorsque ceux-ci doivent supporter une traction notable, on les entoure d'une armature en fer qui leur donne la résistance méca-

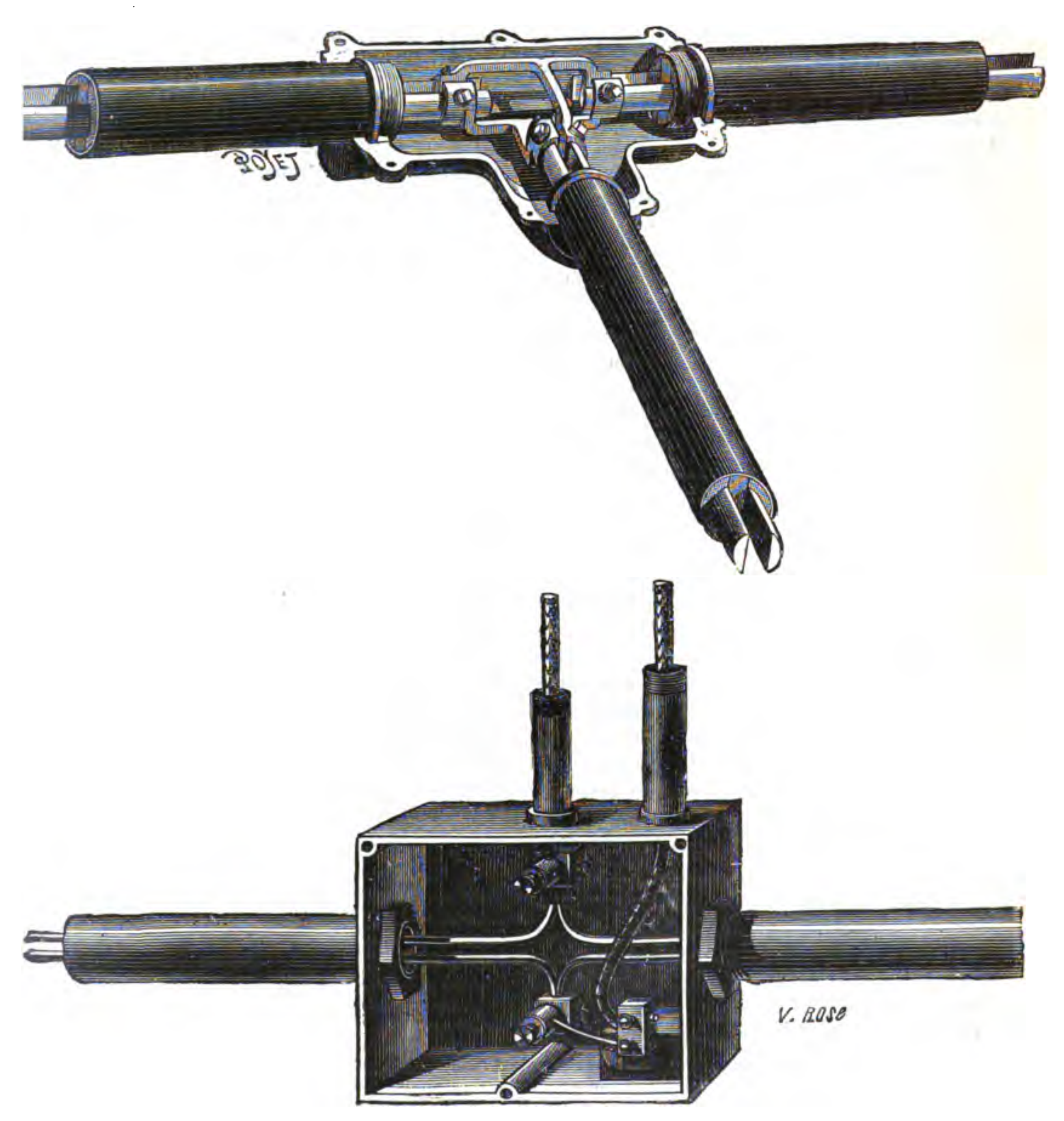


Fig. 188. — Boîtes de jonction Compagnie continentale Edison.

nique nécessaire. Les fils (voy. ce mot) sont en cuivre, en bronze phosphoreux, silicieux ou chromé, ou en fer.

Le cuivre a l'avantage d'être très conducteur; lorsqu'il est pur, sa conductibilité est égale à celle de l'argent; les impuretés la diminuent. On obtient facilement aujourd'hui du cuivre dont la conductibilité est 0,90 de celle de l'argent et même davantage. Lorsqu'elle atteint 0,95, le cuivre est dit de haute conductibilité. La résistance du cuivre pur est 0,144 ohm par mètre pesant 1 gramme. On prend comme

densité 8,89 dans les applications électriques; enfin sa charge de rupture est d'environ 28 à 29 kilogr. par millimètre carré.

Le fer galvanisé est généralement préféré au cuivre pour les lignes télégraphiques aériennes, à cause de sa plus grande ténacité. On admet que sa résistance est à peu près 7 fois celle du cuivre pur, ce qui fait 10 ohms par kilomètre de fil de 4 millimètres de diamètre à 15°,5. Un kilomètre de ce fil pèse environ 100 kilogr., sa densité étant de 7,79.

On emploie aussi pour le même usage des fils d'acier, dont la ténacité est encore plus grande, ce qui permet d'éloigner davantage les supports. La charge de rupture peut atteindre 110 à 120 kilogr. par millimètre carré; la conductibilité est 0,5 de celle du fer.

Depuis quelques années, on se sert beaucoup de fils de bronze phosphoreux et silicieux. Le bronze phosphoreux s'obtient de la manière suivante: on prépare un phosphure d'étain cristallin et fondant à 370° en chauffant avec du phosphore l'éponge d'étain, précipité résultant de l'action du zinc sur le bichlorure d'étain. On fond ensuite ce phosphure avec du cuivre en proportions convenables; on ajoute quelquefois un peu de plomb. Ce bronze contient de 0,25 à 2,5 p. 100 de phosphore et de 5 à 15 p. 100 d'étain. Sa résistance électrique est assez variable.

Le bronze silicieux s'obtient en désoxydant le cuivre par le silicium et le sodium, qui réduisent les moindres parcelles de protoxyde et augmentent ainsi la conductibilité de l'alliage. Le silicium a sur le phosphore l'avantage d'être conducteur, de sorte que, s'il en reste un petit excès, cela n'augmente pas la résistance. On peut avoir ainsi du bronze aussi conducteur que le cuivre pur. La résistance mécanique dépasse celle du fer (46 kilogrammes par mm. carré); des fils de 2 mm. de diamètre peuvent remplacer des fils de fer galvanisé de 5 mm., ce qui donne un poids de 26 kilogr. par kilomètre, au lieu de 155 kilogr..

Conducteurs des machines électrostatiques. — On désigne ainsi les pièces de cuivre isolées, souvent cylindriques, qui recueillent l'électricité produite par le frottement ou par les phénomènes d'influence.

Conducteur (bon ou mauvais). — Les corps peuvent être divisés en *bons conducteurs* (métaux, charbon calciné, plombagine, acides, solutions salines, etc.) et *mauvais conducteurs*, appelés aussi *isolants* ou *diélectriques* (verre, résine, gomme laque, caoutchouc, soufre, etc.). Les premiers étaient appelés, avant la découverte de la conductibilité, corps *anélectriques*, parce qu'ils semblaient ne pas s'électriser par le frottement, l'électricité produite s'écoulant en réalité dans le sol; les autres étaient nommés *idio-électriques*. Aucun corps n'est complètement isolant.

CONDUCTIBILITÉ ÉLECTRIQUE. — Propriété que possèdent les corps conducteurs de transmettre l'électricité. La conductibilité fut découverte en 1727 par Gray, qui, ayant frotté un tube de verre, s'aperçut qu'un bouchon placé au bout du tube attirait les corps légers. Des fils métalliques de plus en plus longs, plantés dans le bouchon, acquéraient cette propriété sur toute leur longueur, lorsqu'on frottait le tube.

Nous indiquons à l'article précédent que tous les corps sont plus ou moins conducteurs. L'humidité augmente cette propriété (voy. DÉPERDITION). La conductibilité augmente avec la température et varie avec l'état physique et la structure moléculaire.

Tableau de la conductibilité électrique des métaux et de leurs alliages.

Argent pur......	100 °/₀	Alliage or et argent à 50 °/₀...	16.12
Cuivre pur......	100	Fer de Suède....	16
Bronze silicieux..	98	Étain pur de Banca	15.4
Alliage cuivre et argent à 50 °/₀.	86.65	Cuivre antimonieux.........	12.7
Or pur..........	78	Bronze d'aluminium à 10 °/₀..	12.6
Siliciure de cuivre à 4 °/₀ de silicium..........	75	Acier Siemens...	12
Siliciure de cuivre à 12 °/₀ de silicium..........	54.7	Platine pur......	10.5
Aluminium pur..	54.2	Cuivre nickeleux à 10 °/₀ nickel.	10.5
Étain iodé à 12 °/₀ de sodium.....	46.9	Amalgame de cadmium.........	10.2
Bronze silicieux téléphonique...	42	Bronze mercuriel Dromer........	10.1
Cuivre plombifère à 10 °/₀ de plomb	30	Cuivre arsenical à 10 °/₀ arsenic..	9.1
Bronze phosphoreux téléphonique............	29	Plomb pur.......	8.9
Zinc pur...... ..	29.9	Bronze à 20 °/₀ étain..........	8.4
Laiton silicieux à 25 °/₀ de zinc...	26.49	Nickel pur.......	7.8
Laiton à 35 °/₀ de zinc...........	21.5	Bronze phosphoreux à 10 °/₀ étain	6.5
Phosphure d'étain	17.7	Phosphure de cuivre à 9 °/₀ de phosphore.....	4.?
		Antimoine.......	3.?

(Lazare WEILLER.)

Les corps placés dans le circuit d'un courant laissent passer plus ou moins facilement l'électricité, suivant qu'ils sont plus ou moins conducteurs. La conductibilité dépend de la nature du corps, de sa longueur et de sa section. Elle peut être représentée par

$$c \frac{s}{l}$$

l étant la longueur, s la section, et c la conductibilité spécifique du corps. La conductibilité est l'inverse de la résistance; pour la mesurer, il suffit donc de mesurer la résistance (Voy. ce mot).

Haute conductibilité (cuivre de). — On donne ce nom au cuivre du commerce dont la conductibilité atteint au moins 0,95 de celle de l'argent.

CONDUCTION. — Syn. de CONDUCTIBILITÉ.

CONDUCTIVE (DÉCHARGE). — Voy. DÉCHARGE et ÉTINCELLE.

CONGRÈS D'ÉLECTRICITÉ. — Le premier congrès international d'électricité s'est réuni à Paris le 15 septembre 1881, à l'occasion de la première exposition d'électricité.

Le résultat le plus important de ses travaux est l'adoption du nouveau système d'*unités absolues*. Il a également appelé l'attention sur la nécessité : de déterminer exactement la valeur de l'ohm ; de fixer un étalon de lumière, et d'étudier avec soin diverses questions : électricité atmosphérique, paratonnerres, etc.

Un nouveau Congrès s'est réuni au mois d'août 1889 et a sanctionné l'emploi d'un certain nombre d'unités et adopté les définitions suivantes :

Le *joule* ou unité pratique de travail vaut 10^7 unités C.G.S.; c'est l'énergie équivalente à la chaleur dégagée pendant une seconde par un courant d'un ampère (ou par un coulomb) dans un circuit d'un ohm.

Le *watt* ou unité pratique de puissance vaut 10^7 unités C.G.S.; c'est la puissance d'un joule par seconde.

L'unité pratique pour les coefficients d'induction se nomme le *quadrant ;* elle vaut 10^9 centimètres.

La *fréquence* d'un courant alternatif est le nombre de périodes par seconde.

L'intensité *efficace* de ce courant est la racine carrée du carré moyen des intensités.

Sa force électromotrice *efficace* est la racine carrée du carré moyen des forces électromotrices.

On nomme résistance *apparente* d'un circuit le quotient de la force électromotrice efficace par l'intensité efficace.

L'unité pratique d'intensité lumineuse, la *bougie décimale*, est la vingtième partie de l'étalon absolu de lumière défini par la conférence internationale de 1884. Elle est sensiblement égale à la bougie anglaise (candle standard) et au dixième de la lampe Carcel.

Sur la proposition du conseil de l'*American Institute of Engineers*, un nouveau Congrès international d'électricité aura lieu à New-York, en 1892, à propos de l'Exposition fixée à cette date.

CONJONCTEUR-DISJONCTEUR. — Appareil destiné à réunir des accumulateurs avec la source qui doit les charger, et à les séparer automatiquement, lorsque, la force électromotrice de celle-ci devenant insuffisante, les accumulateurs pourraient se décharger à travers le circuit. Il en existe plusieurs modèles, dont l'un est dû à M. Hospitalier; celui que nous décrivons est extrêmement simple et s'applique aux dynamos.

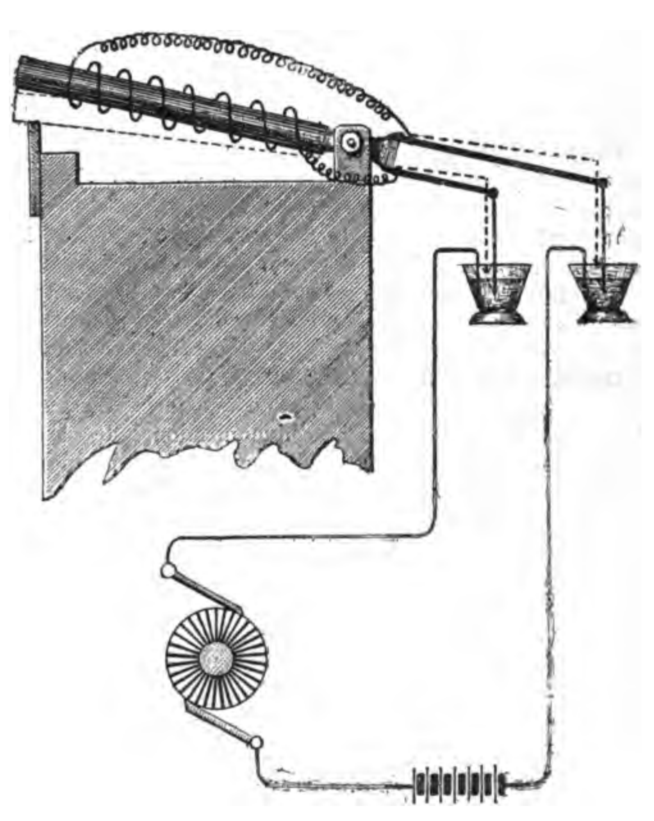


Fig. 189. — Conjoncteur-disjoncteur.

Il se compose d'un électro-aimant droit, articulé à charnière sur l'une des pièces polaires de la machine, et pouvant s'appuyer par l'autre

extrémité sur une saillie de cette pièce (fig. 189). La pièce en saillie et l'extrémité libre de l'électro sont polarisées dans le même sens et se repoussent; mais la répulsion est insuffisante pour soulever l'électro-aimant, et les extrémités des fils de celui-ci ne plongent pas dans les godets de mercure placés au-dessous. Le courant ne parcourt donc d'abord que les inducteurs. Quand la machine fonctionne, la polarité augmente, l'électro est repoussé, comme le montre la figure, et les fils viennent plonger dans les godets. Le circuit des accumulateurs se trouve fermé et la charge s'opère. Si la machine vient à faiblir, la polarité diminue, l'électro-aimant retombe, et le circuit est rompu jusqu'à ce que la machine ait repris sa marche normale.

CONNECTEUR. — Condensateur d'un demi-microfarad placé par M. Van Rysselberghe dans un poste intermédiaire, entre l'entrée et la sortie d'un fil télégraphique servant en même temps à la téléphonie (voy. Téléphonie à grande distance).

CONSÉQUENT (Point). — Pôle supplémentaire d'un aimant non situé à l'une des extrémités. (Voy. Aimant.)

CONSERVATION DE L'ÉLECTRICITÉ (Principe de la). — « Toutes les fois qu'un système de corps, soustrait à toute communication extérieure, est le siège d'un phénomène électrique quelconque, la quantité totale d'électricité qu'il possède reste invariable. Ce principe se vérifie dans toutes les expériences, et il est une conséquence des vues émises par Maxwell sur la constitution des milieux qui servent à propager les forces électriques. Sans être en mesure d'affirmer que la quantité totale d'électricité qui existe dans la nature est rigoureusement nulle, on doit admettre au moins que les phénomènes physiques actuels n'y apportent aucun changement, et qu'elle reste constante au même titre que la quantité totale d'énergie ou de matière. En d'autres termes une quantité d'électricité peut être considérée comme indestructible par toute autre cause que par une quantité égale d'électricité de signe contraire. M. Lippmann a montré que ce principe conduit à des conséquences analogues à celles du théorème de Carnot; quand on l'associe avec le principe de la conservation de l'énergie, on peut en déduire l'explication d'un certain nombre de phénomènes connus, et, en outre, faire prévoir d'autres phénomènes non encore observés. » (Mascart et Joubert.)

CONSTANTE DIÉLECTRIQUE. — Voy. Pouvoir inducteur.

CONSTANTE D'UN GALVANOMÈTRE. — Intensité du champ, supposé uniforme, dans lequel se trouve l'aiguille, lorsque l'instrument est traversé par l'unité de courant.

Pour une spire de rayon r, l'action au centre est $\frac{2\pi}{r}$; s'il y a n spires, l'action est $\frac{2\pi n}{r}$.

CONSTANTE DE VERDET. — Rotation du plan de polarisation de la lumière produite par une différence de potentiel égale à l'un (Voy. Pouvoir rottoire magnétique.)

CONSTANTES D'UNE SOURCE D'ÉLECTRICITÉ. — On nomme constantes d'une pile sa *force électromotrice* et sa *résistance*. La connaissance de ces deux coefficients, qui caractérisent un élément, permet de calculer l'intensité du courant pour un circuit déterminé et de résoudre tous les problèmes du même genre.

CONTACT (Loi du) ou **PRINCIPE DE VOLTA** — Voy. Électricité.

CONTROLEUR ÉLECTRIQUE. — Appareil dans lequel l'électricité est employée à assurer le contrôle; ces contrôleurs sont très employés dans l'exploitation des chemins de fer.

Contrôleur des aiguilles manœuvrées à distance. — Lorsqu'une aiguille est manœuvrée à distance par un système de leviers, il est bon de s'assurer si elle a bien pris exactement la position voulue, afin d'éviter les accidents qui pourraient résulter d'une mauvaise direction. Il existe plusieurs appareils électriques destinés à ce contrôle.

Le contrôleur Chaperon se compose d'un secteur isolant G portant une pièce métallique K K, sur laquelle peuvent frotter simultanément deux ressorts R reliés l'un à la terre, l'autre à la pile et à la sonnerie (fig. 190). Au repos, les frotteurs ne touchent pas la pièce métallique et le circuit est ouvert. Quand le rail mobile vient s'appliquer contre le rail fixe, il repousse une tige T, qui agit par une manivelle sur l'arbre horizontal X portant la pièce isolante, et le fait tourner; les ressorts frottent alors sur la pièce métallique et la sonnerie avertit que l'aiguillage est bien fait. Quand on ramène l'aiguille à sa position première, un contre-poids P monté sur l'arbre le fait tourner en sens inverse et le circuit est rompu.

Le contrôleur Lartigue consiste en une boîte d'ébonite qui peut tourner autour d'un axe horizontal et qui est divisée en deux compartiments communiquant par un petit orifice (fig. 191). Dans le compartiment A opposé à l'axe de rotation aboutissent deux fils de platine terminant un circuit qui renferme une sonnerie; la boîte

contient du mercure. Lorsque l'appareil est horizontal, le mercure baigne les deux fils de platine ; le circuit est fermé et la sonnerie tinte. Si la boîte s'incline, le mercure passe en plus grande partie dans le compartiment M voisin de l'axe de rotation, et abandonne l'un des fils : le circuit est interrompu. Mais, comme l'orifice de communication est petit, le mercure met un certain temps à s'écouler, et par suite la sonnerie continue à se faire entendre pendant un instant.

Ordinairement on dispose deux appareils identiques de chaque côté de la voie à l'extérieur des deux rails. Ceux-ci sont traversés chacun par une tige horizontale qui pousse la boîte d'ébonite et lui fait prendre la position inclinée, lorsque l'aiguille vient s'appliquer sur le rail. Les deux appareils sont d'ailleurs montés en série dans le même circuit.

Lorsque les aiguilles occupent exactement l'une des positions extrêmes qu'elles peuvent avoir, l'une d'elles étant en contact avec le rail correspondant, la boîte placée de ce côté est inclinée et interrompt le circuit.

Si l'on passe à l'autre position, la première boîte redevient horizontale, et la seconde s'in-

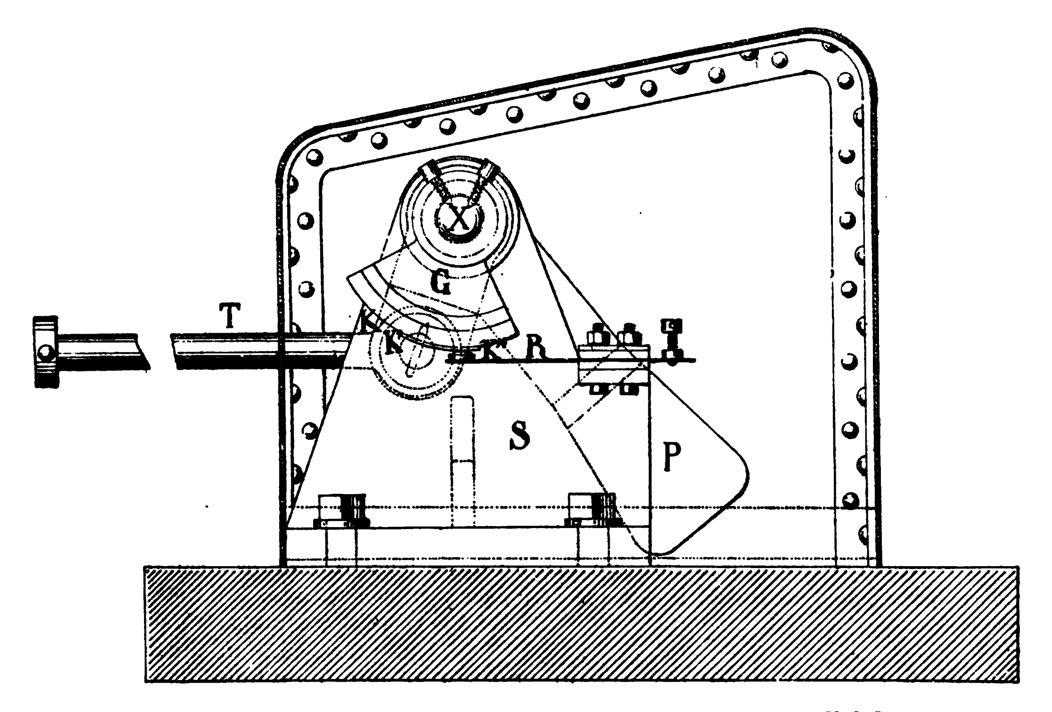


Fig. 190. — Contrôleur d'aiguilles (système Chaperon), d'après un dessin communiqué par M. G. Dumont.

cline; le circuit est donc encore interrompu. Mais, entre ces deux positions, le circuit restera fermé un instant, à cause de la lenteur avec laquelle s'écoule le mercure ; la sonnerie tintera donc pendant ce temps et avertira que le changement s'est bien fait.

Si, pour une cause quelconque, les deux aiguilles restaient dans une position intermédiaire, les deux boîtes resteraient horizontales et produiraient un tintement continu. Enfin, s'il n'y avait aucun tintement, on serait averti qu'il existe un dérangement dans l'un des organes.

Lorsqu'un poste commande plusieurs aiguilles, on peut n'avoir qu'une sonnerie, à condition que chaque circuit contienne un galvanomètre pour faire savoir quelle est l'aiguille qui a produit le tintement.

La compagnie du Nord emploie un appareil formé d'un secteur A, mobile autour de l'axe B et arrêté par la vis C (fig. 192). Un ressort très énergique D maintient le secteur dans la position du dessin, c'est-à-dire en contact avec les frotteurs R. En V est articulée sur le secteur une tige M en bronze dur, qui traverse l'éclisse R et l'âme du rail contre-aiguille. L'écrou N, maintenu par une goupille, règle la saillie de cette tige.

L'éclisse R, qui porte l'enveloppe de fonte *aa*, est fixée au côté extérieur du rail, à environ 0,25 m. de la pointe, de manière que la tige M fasse une légère saillie entre le contre-rail et la lame de l'aiguille. Lorsque la lame d'aiguille s'applique contre le rail, elle repousse cette

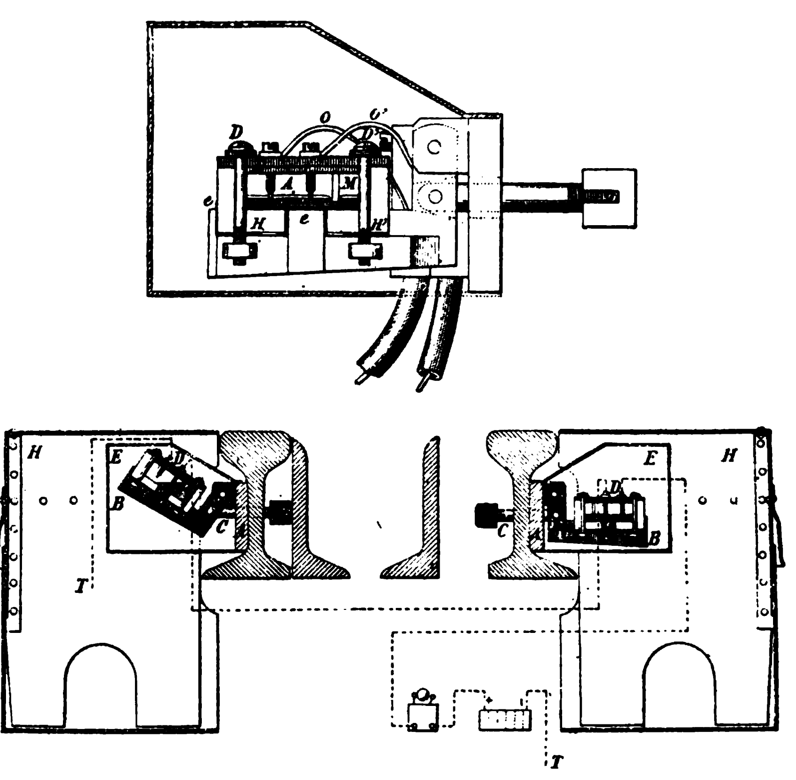


Fig. 191. — Contrôleur Lartigue, d'après un dessin communiqué par M. G. Dumont.

tige, et le secteur se relève ; il retombe par son poids et par l'action du ressort D, lorsque la lame est écartée.

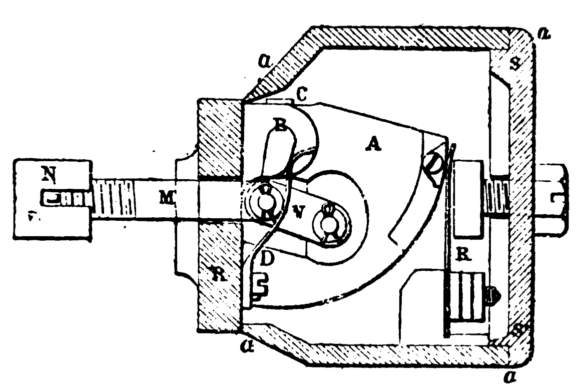


Fig. 192. — Contrôleur d'aiguilles de la Compagnie du chemin de fer du Nord.

Les contrôleurs placés des deux côtés d'une même aiguille sont intercalés en série dans un même circuit, qui se trouve fermé lorsque les deux secteurs A sont, comme le montre la figure, en contact avec les frotteurs R. Dans l'état normal, il y a toujours une lame appliquée contre le rail et l'autre écartée : le circuit est donc toujours ouvert, mais, dans le passage de l'une à l'autre des positions, les deux lames se trouvent écartées à la fois pendant un instant, le circuit se ferme et la sonnerie tinte.

Quand un même poste commande plusieurs aiguilles, il suffit d'employer une seule sonnerie, mais on établit autant de dérivations qu'il y a d'aiguilles, et sur chacune d'elles on place une boussole numérotée. Quand on manœuvre une aiguille, la sonnerie tinte et la boussole correspondante doit être déviée.

Contrôleur des disques. — Les disques ronds ou carrés qui protègent les gares et certaines sections de la voie peuvent occuper deux posi-

tions; quand ils sont *ouverts*, c'est-à-dire parallèles à la voie, le train peut passer; quand ils sont *fermés* ou perpendiculaires à la voie, le train doit s'arrêter ou tout au moins ralentir sa marche. Ces disques sont souvent manœuvrés à distance au moyen de fils de fer ou de tiges métalliques dont la longueur dépasse quelquefois 1,200 mètres. Il importe qu'on soit assuré que la manœuvre voulue a été bien exécutée et que le disque a tourné de l'angle convenable. Pour cela, on installe au point où se fait la manœuvre une pile dont l'un des pôles communique avec la terre et l'autre avec une sonnerie et un fil isolé qui vient se terminer par un ressort frottant sur un cercle placé à la base du disque et tournant avec lui. Quand le disque est ouvert, la partie du disque en contact avec le ressort est en matière isolante; le circuit est rompu. Quand le disque est fermé, la partie du cercle qui vient rencontrer le ressort est en métal et communique avec le sol; la sonnerie tinte tant qu'il reste dans cette position.

Contrôleur de l'éclairage des disques ou photoscope. — La nuit, les disques sont munis d'une lanterne, qui présente au train un feu blanc lorsque la voie est ouverte et un feu rouge lorsqu'elle est fermée. Il existe un certain nombre d'appareils permettant à la gare de constater que la lanterne est bien allumée, lorsque la distance ou la courbure de la voie ne permettent pas de le voir directement.

Le *photoscope* de M. Coupan, employé par la compagnie P.-L.-M., se compose d'une spirale *a* (fig. 193), formée d'un ruban de cuivre et d'un ruban d'acier soudés sur toute leur longueur,

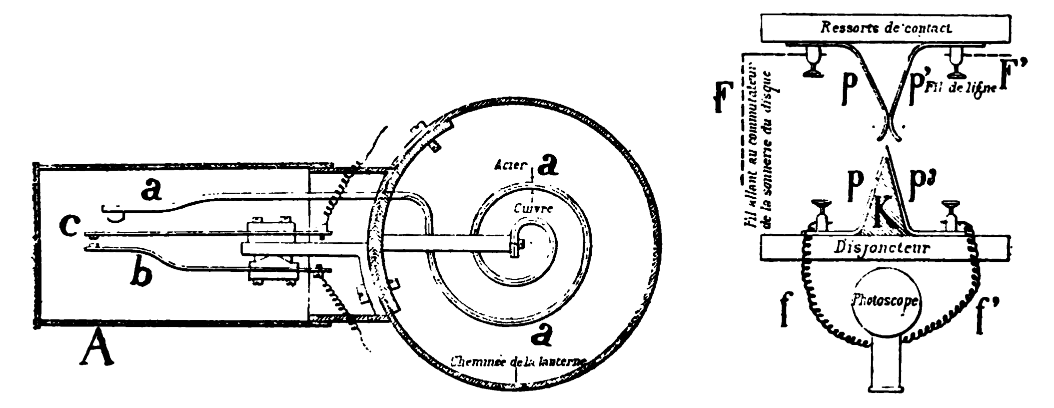


Fig. 193. — Photoscope, d'après un dessin communiqué par M. G. Dumont.

et placée au-dessus de la cheminée de la lanterne. L'extrémité centrale est fixe; l'autre vient se terminer auprès des ressorts *bc* qui constituent les deux bouts d'un circuit contenant une pile et une sonnerie. Lorsque la lampe n'est pas allumée, les différentes pièces occupent les positions représentées par la figure, et le circuit est ouvert. Quand la lampe est allumée, la spirale *a* s'échauffe, et l'extrémité libre, se recourbant par suite de la dilatation, appuie l'un contre l'autre les ressorts *bc*: le circuit est fermé.

L'appareil utilise ordinairement le fil et la sonnerie qui servent pendant le jour à contrôler la position du disque (Voy. CONTROLEUR DES DISQUES); on obtient ce résultat à l'aide du *disjoncteur*, représenté à part. Le fil de la sonnerie est interrompu à la hauteur où doit se fixer la lanterne et les deux bouts sont reliés par deux ressorts *p p'* qui sont en contact; l'appareil fonctionne comme nous l'avons expliqué plus haut, et le photoscope et le disjoncteur sont hors du circuit. Lorsqu'on monte la lanterne, une pièce de bois K, en forme de coin, portant sur ses deux faces des plaques de cuivre PP', isolées l'une de l'autre, mais reliées par des fils *ff'* aux ressorts *bc* du photoscope, pénètre entre les deux ressorts supérieurs *pp'*, et intercale le photoscope dans le circuit.

Contrôleur du fonctionnement des appareils désengageurs. — Quand il existe à l'extrémité d'une gare un poste muni de signaux d'arrêt absolu, qui doivent être normalement fermés, les manœuvres qui se font au centre de la gare sont généralement couvertes par des appareils spéciaux, qui permettent aux agents du poste central de couper à distance ou de *désengager*

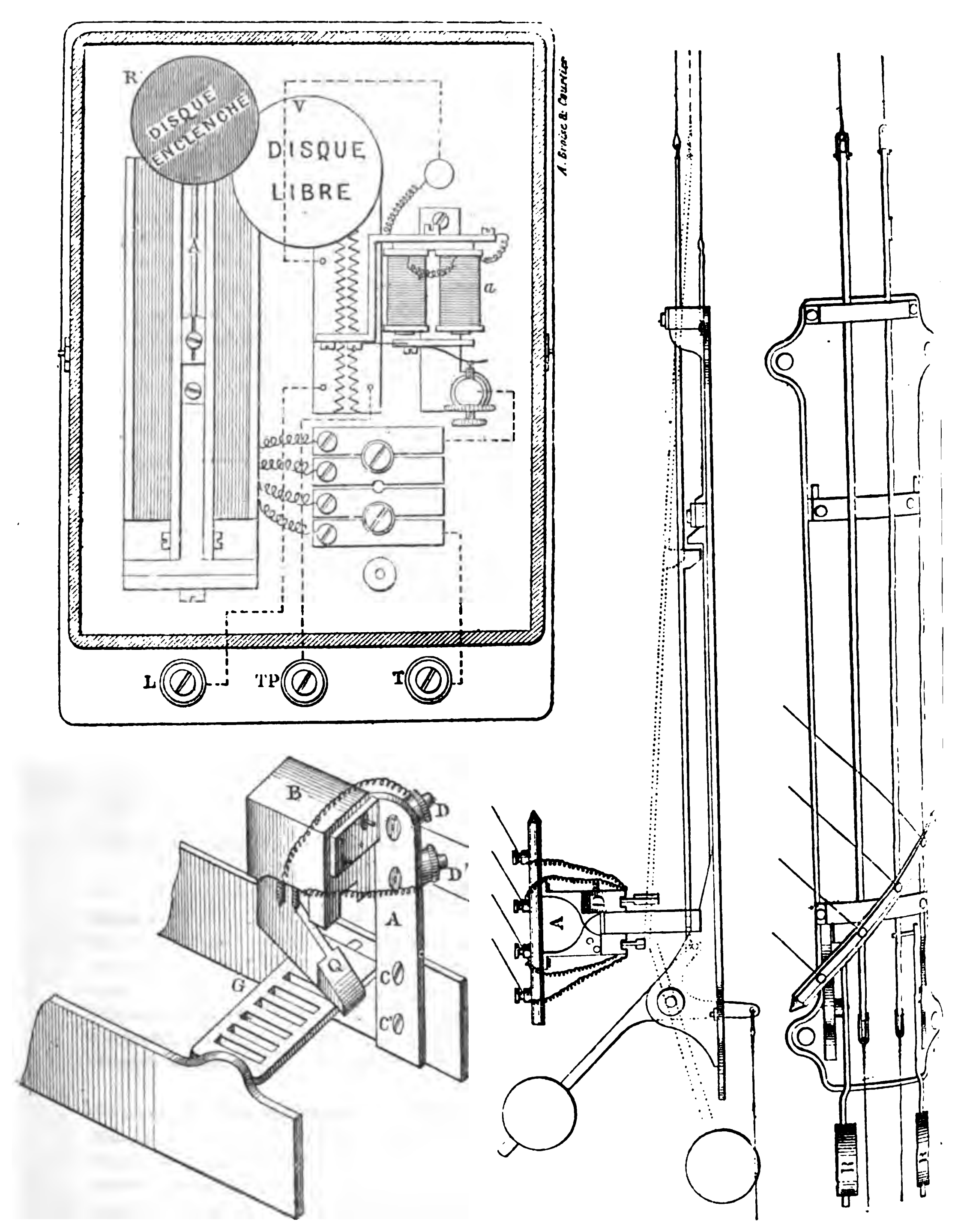
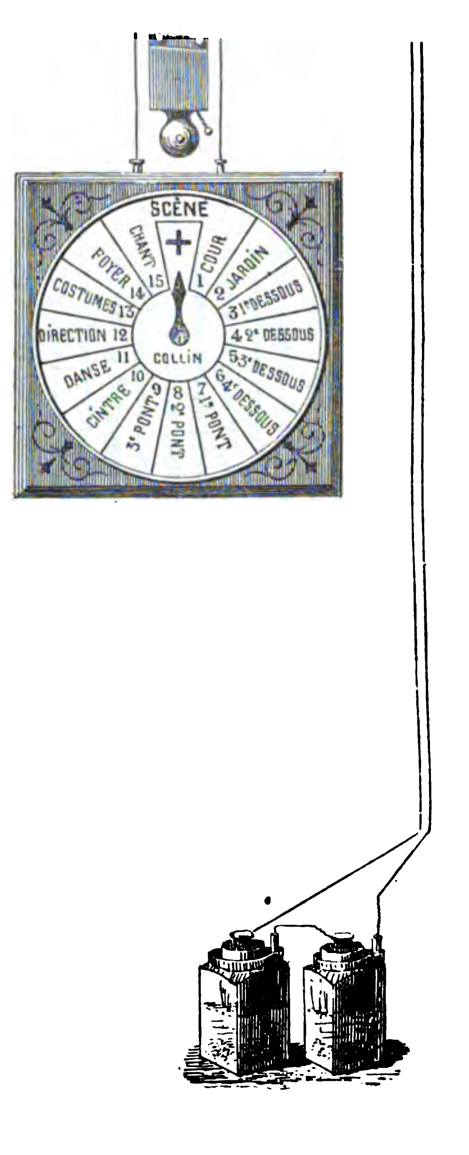


Fig. 194. — Contrôle des appareils désengageurs (Chemin de fer du Nord).



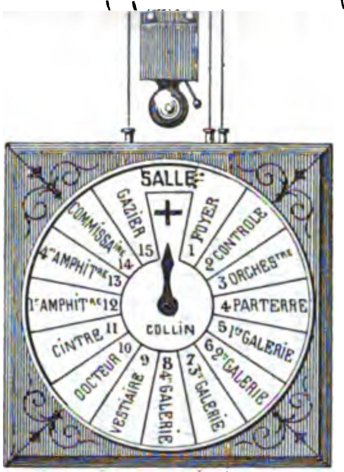


Fig. 195. — Contrôleur de rondes avec avertisseur d'incendie.

... d'arrêt manœu- ... Il faut alors que ... si l'appareil dé- ... ulièrement, que ... averti lorsque la ... pour qu'il ne cher- ... signaux, enfin que ... prévenu lorsque le ... pour la réception d'un ... pas à ce moment la

... conditions multiples, la ... emploie des commutateurs ... contrôleurs de disques, et dont ... a été étudiée par M. E. Sartiaux. ... poste extrême, on efface le signal ... passer un train, le commutateur B, ... par la rotation du gril G, relève le le- ... fait communiquer les deux fils DD', ... vient d'une pile et l'autre va au poste ... : le circuit est ainsi fermé et le courant ... mouvoir à ce poste un appareil qui indique que le signal est effacé.

L'appareil désengageur porte un autre commutateur D. Quand le contrepoids R, manœuvré du poste désengageur, retombe et soulève la barre supérieure, de manière à couper la transmission, ce commutateur ferme le circuit d'une pile, dont le courant passe à la fois dans une sonnerie de contrôle placée au poste désengageur et dans une boussole, représentée sur la figure, qui est placée au poste extrême. Sous l'influence de ce courant, l'aiguille portant le petit disque R s'incline et vient couvrir le disque fixe V. L'inscription *Disque enclenché* apparaît donc au guichet à la place des mots *Disque libre*. Le signaleur du poste extrême est averti du désengagement, non seulement par cette inscription, mais aussipar le tintement sourd et continu du trembleur *a*. La boîte de cette boussole porte le numéro correspondant au levier désengageur.

Contrôleur de rondes. — Ces appareils sont destinés à vérifier si les rondes instituées dans un établissement ont eu lieu régulièrement, et si elles ont bien été faites aux heures réglementaires. Parmi les nombreux appareils destinés à cet usage, il en est un certain nombre qui fonctionnent à l'aide d'un courant électrique. Nous citerons notamment celui de MM. Dumont et Cabaret, qui est employé à la gare de l'Est, et celui de M. Napoli.

Dans ce dernier appareil, chaque poste se compose simplement d'un bouton de sonnerie monté en dérivation sur un circuit contenant une pile et un électro-aimant. Quand on appuie sur un bouton, l'électro-aimant attire son armature, qui déclenche une roue isolante, entraînée par un rouage d'horlogerie, et portant sur son axe un cylindre métallique relié à l'électro-aimant, et sur la surface duquel sont tracés des lettres ou des numéros qui correspondent aux différents postes. La roue continuant à tourner, le courant est interrompu presque immédiatement et se rétablit un instant après, au moment où le numéro correspondant au bouton touché passe au point le plus bas du cylindre. Ce numéro s'imprime alors sur un papier, qui avance d'un mouvement uniforme au-dessous du cylindre et vient s'appliquer à ce moment contre sa surface. Ce papier porte des indications d'heure qui font connaître à quel moment la ronde a été faite.

Le contrôleur de rondes de Collin n'emploie l'électricité que pour faire mouvoir un avertisseur d'incendie qui lui est adjoint. Le contrôleur (fig. 195) se compose d'un chronomètre qui fait tourner un cadran de papier. Chaque boîte de contrôle porte un poinçon qui, à travers une fente du chronomètre, imprime une lettre sur le cadran, lorsque le veilleur passe.

L'avertisseur d'incendie se compose d'un récepteur à cadran relié par un seul fil avec les différents postes de contrôle. A chaque poste se trouve un rouage placé au-dessus de la boîte de contrôle. En cas d'alarme, le veilleur pousse un bouton qui déclenche le rouage; celui-ci se met à tourner et produit le nombre de contacts nécessaire pour faire avancer l'aiguille du récepteur jusqu'à la case correspondant au poste qui a appelé. Le courant actionne en même temps deux sonneries, l'une au récepteur, l'autre au poste d'appel. L'appareil d'alarme est relié à un régulateur, qui trace un trait sur un cadran de papier pour indiquer l'heure à laquelle l'alarme a été donnée.

CONVECTION. — Nom que l'on donne quelquefois à la transmission de l'électricité par un milieu en vibration.

COUCHE MAGNÉTIQUE. — « Si une mince couche de matière magnétique est aimantée dans une direction partout normale à sa surface, le produit de l'intensité de l'aimantation en un point par l'épaisseur de la couche en ce point est appelé l'intensité de la couche magnétique à ce point. Si l'intensité de la couche est la même partout, on l'appelle une couche magnétique simple; si elle varie d'un point à l'autre, on peut considérer la couche comme formée d'un certain nombre de couches simples (d'aires

ſférentes) superposées et se recouvrant l'une ıtre. On l'appelle alors une couche magné- ¡ue complexe » (Maxwell).

On démontre que le potentiel développé en ı point par une couche magnétique est le pro- ıit de l'intensité de cette couche par l'angle lide sous lequel son contour est vu du point nné.

COULOMB. — Unité pratique de quantité électricité dans le système électromagnétique. est la quantité d'électricité qui traverse en une conde la section d'un conducteur parcouru ır un courant d'un ampère. Le coulomb vaut) $^{-1}$ unités C. G. S. de quantité. (Voy. Unités.)

COULOMBMÈTRE. — Voy. Compteur d'élec- ıicité.

COUP DE POING. — Voy. Exploseur.

COUP DE SOLEIL ÉLECTRIQUE. — On em- loie aisément, à l'heure actuelle, pour la sou- ure électrique des métaux par exemple (pro- édé de Benardos), un courant de 110 volts et 0 ampères, produit par 500 accumulateurs lanté. L'arc voltaïque qui en résulte fait pâlir soleil et lui donne l'aspect d'une vieille lune; ı température dégagée est de 3,000 à 6,000 de- rés centigrades. L'homme qui s'y expose, par cience ou par profession, reçoit le coup de oleil électrique avec tuméfaction de la peau, hémosis des paupières, œdème et finalement esquammation comme dans l'érysipèle.

Le docteur Maklakoff attribue tous ces acci- lents à l'action chimique des rayons électri- ues. Il conseille pour y remédier l'emploi d'un oile jaune en taffetas gommé, fixé sur un cer- le entourant la tête et muni, comme un casque, l'une visière garnie d'une plaque de verre gris mélange de rouge et de vert.) Cet appareil pa- aît léger, pratique et pas ridicule au point l'empêcher les ouvriers de s'en servir. Quant ıux mains, il faut les protéger par de gros gants i l'on veut éviter la destruction rapide de l'épi- lerme.

COUPE-CIRCUIT ou **CUT-OFF.** — Appareil destiné à couper automatiquement un circuit lorsque l'intensité devient trop forte; ils évitent les accidents tels que détérioration des fils, des lampes ou autres appareils placés dans le cir- cuit, incendies, etc.

Les coupe-circuits sont généralement formés d'un fil ou d'une lame de plomb, dont les di- mensions sont calculées pour qu'il fonde quand le courant atteint une intensité voulue : le plomb fond lorsque la densité du courant qui le tra- verse atteint 30 ampères par millimètre carré de section. La figure 196 représente deux des modèles les plus simples. Le premier est destiné aux faibles débits; il est formé d'un fil de plomb; le second, qui se compose d'une lame



Fig. 196. — Coupe-circuit avec fil ou lame de plomb.

de même métal, est destiné aux courants plus intenses; ils sont tous deux sur plaque isolante et peuvent être protégés par un couvercle bronzé ou nickelé. En cas de fusion, le fil ou la lame se remplacent facilement.

Certains coupe-circuit sont formés d'un in- terrupteur que le courant ouvre lui-même quand l'intensité devient trop forte.

Les uns sont analogues à l'interrupteur à mercure de Foucault. L'armature d'un électro- aimant peut osciller autour d'un axe et porte deux lames qui ferment le circuit en plongeant dans un godet de mercure. Quand l'intensité dépasse la limite fixée, l'armature est attirée; les lames sortent du mercure et le courant est rompu.

Enfin le coupe-circuit magnétique de MM. Woodhouse et Rawson (fig. 197) se compose d'un électro-aimant placé dans le circuit et dont l'armature, mobile autour d'un axe horizontal, porte deux tiges de cuivre qui plongent dans des godets de mercure auxquels aboutissent les deux bouts du fil de ligne. Le poids de l'arma- ture maintient les tiges dans cette position, qui est celle représentée par la figure, et le circuit se trouve fermé. Si l'intensité du courant de- vient trop forte, l'aimantation du noyau de l'électro acquiert une valeur assez grande pour qu'il attire son armature, malgré l'action con- traire de la pesanteur. Les tiges de cuivre sor- tant du mercure, le courant est interrompu, et il continue à l'être, malgré la désaimantation de

l'électro, parce que l'armature, entraînée par son propre poids, tombe complètement de l'autre côté. On peut disposer sur le côté gauche de l'armature deux autres tiges de cuivre sem-



Fig. 197. — Coupe-circuit magnétique.

blables aux premières et qui, en tombant dans d'autres godets de mercure, introduisent dans le circuit une résistance, ou mettent en march une sonnerie, ou produisent tout autre effet. Un petit écrou permet de régler l'instrument pour tous les courants que le diamètre du fil de la bobine lui permet de supporter. La communication peut se rétablir à la main ou par une disposition automatique quelconque agissant quelques moments après l'interruption. Il faut seulement avoir soin, en installant l'appareil, de le mettre parfaitement de niveau. La figure représente le modèle le plus récent de ce coupe-circuit. Il est recouvert d'une glace ronde, dont la position est indiquée par des traits ponctués, et qui se fixe par une monture à baïonnette, de sorte qu'on peut l'enlever facilement pour replacer l'armature dans les godets.

Les coupe-circuits peuvent être joints à un interrupteur ou à un autre appareil (voy. INTERRUPTEUR).

COUPLAGE. — Différentes manières de réunir ensemble un certain nombre d'éléments de piles ou de machines d'indu...

Couplage des piles. — Lorsqu'on se sert à la fois de plusieurs éléments de piles, il p... avoir avantage, suivant les cas, à les réunir de différentes manières.

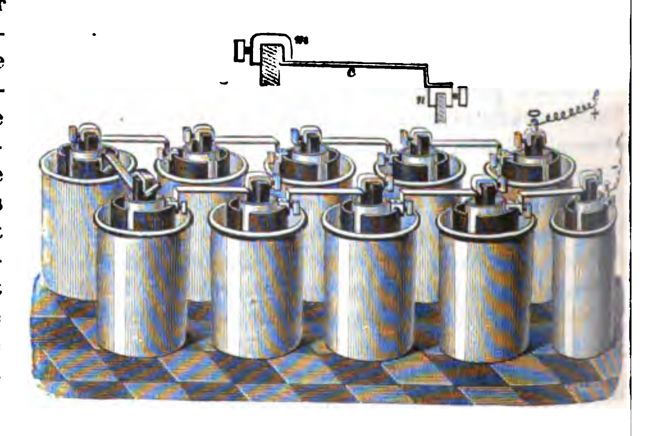
Couplage en série ou en tension. — Souvent on réunit les couples par les pôles de noms contraires, le pôle négatif de chaque élément ... joint au pôle positif du suivant (fig. 198). Le courant traverse alors successivement les différents couples, et par conséquent la force électromotrice totale est égale à la somme des forces électromotrices de tous les éléments, la résistance totale à la somme des résistances. Si E est la force électromotrice d'un quelconque des éléments, r sa résistance et R celle du circuit extérieur, l'intensité est, d'après la loi d'Ohm,

$$I = \frac{\Sigma E}{R + \Sigma r}.$$

Si tous les éléments sont identiques, et qu'il y en ait n,

$$(1) \qquad I = \frac{nE}{R + nr}.$$

Couplage en batterie ou en quantité. — Un autre mode d'assemblage consiste à disposer les couples *en batterie* ou *en surface*, c'est-à-dire à réunir ensemble d'une part tous les pôles positifs, d'autre part tous les pôles négatifs (fig. ...



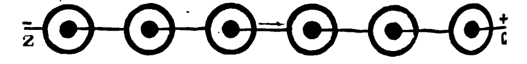


Fig. 198. — Couplage des piles en série.

L'appareil équivaut alors à un seul élément dont le premier point d'attache représente le pôle positif, le second le pôle négatif, et la force électromotrice est la même qu'avec un élément unique. En effet, tous les zincs communiquant

ensemble sont nécessairement au même potentiel ; les liquides prennent tous à leur contact le même excès de potentiel et le transmettent à tous les pôles positifs. Cette disposition n'offre donc aucun avantage au point de vue de la force

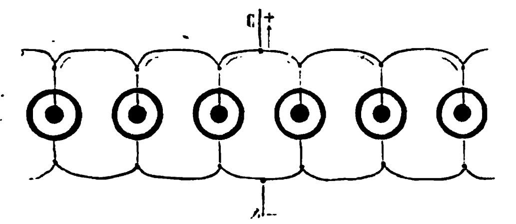


Fig. 199. — Couplage des piles en batterie.

électromotrice, mais en revanche elle diminue la résistance, car le courant traverse tous les couples à la fois : une pile formée de n éléments équivaut à un couple unique dont la surface serait égale à la somme des surfaces. Donc, si les éléments sont égaux, la résistance sera $\frac{r}{n}$ et l'intensité

$$(2) \qquad I = \frac{E}{R + \frac{r}{n}} = \frac{nE}{nR + r}.$$

Dispositions mixtes. — Il est bien rare qu'on monte en batterie tous les éléments qu'on veut employer, surtout s'ils sont un peu nombreux ; on a plus souvent recours à une disposition mixte (fig. 200) : on forme à l'aide de ces cou-

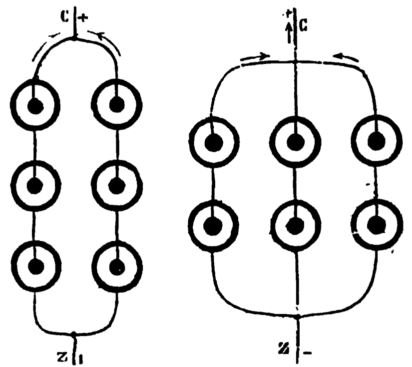


Fig. 200. — Groupement de six couples en deux séries de trois et en trois séries de deux.

ples un certain nombre de batteries, m par exemple, composées chacune de p éléments. La résistance de chaque batterie est $\frac{r}{p}$, la résistance totale $\frac{mr}{p}$, et la force électromotrice mE,

$$(3) \qquad I = \frac{mE}{R + \frac{mr}{p}} = \frac{E}{\frac{R}{m} + \frac{r}{p}}.$$

De plus, si n est le nombre total des couples, on a

$$(4) \qquad n = mp.$$

Comparaison des différents modes de couplage. — Aucune de ces dispositions ne l'emporte sur les autres : chacune d'elles présente certains avantages, et l'on doit chercher dans chaque cas particulier, à l'aide des formules précédentes, quelle est celle qu'il convient d'employer. Nous pouvons cependant donner quelques indications générales.

Dans le cas où la résistance extérieure R est très grande, il est préférable de monter les piles en série ; si au contraire elle est très faible, il vaut mieux adopter la disposition en batterie. En effet, supposons d'abord la résistance R très grande : dans la formule (1) nous pouvons, sans erreur sensible, négliger la résistance de la pile, ce qui donne

$$I = \frac{nE}{R}.$$

L'intensité est donc proportionnelle au nombre des éléments. Si au contraire nous négligeons r dans la formule (2) il vient

$$I = \frac{nE}{nR} = \frac{E}{R}.$$

Donc si, dans ce cas, on montait les piles en batterie, l'intensité serait à peu près indépendante du nombre des éléments ; c'est donc la disposition en série qu'il faut adopter.

Si la résistance extérieure est très faible, c'est au contraire R qu'on peut négliger : la formule (1) donne

$$I = \frac{nE}{nr} = \frac{E}{r}$$

et la formule (2)

$$I = \frac{nE}{r}.$$

C'est donc la disposition en batterie qu'il faut choisir, puisque c'est celle qui donne une intensité proportionnelle au nombre des couples.

On peut aussi chercher quel nombre n d'éléments il faut employer, soit en tension, soit en batterie, pour obtenir une intensité déterminée I ; la formule (1) ou la formule (2) donnent la valeur de n.

Enfin, si l'on n'a à sa disposition qu'un certain nombre n d'éléments, il est utile de connaître l'intensité maximum qu'on pourra obtenir, avec un circuit extérieur de résistance donnée R, et comment il faudra les grouper. Supposons qu'on forme une batterie de p élé-

ments, il faudra se servir des équations (3) et (4), et l'on démontre que pour rendre maximum l'expression

$$I = \frac{E}{\frac{R}{m} + \frac{r}{p}}$$

ou, ce qui revient au même, rendre minimum son dénominateur, il faut qu'on ait

$$\frac{R}{m} = \frac{r}{p}, \tag{5}$$

ou

$$R = \frac{mr}{p}. \tag{6}$$

Il faut donc, si l'on dispose d'un nombre donné n d'éléments, les assembler de telle sorte que la résistance totale de la pile soit autant que possible égale à celle du circuit extérieur. On calculera m et p par les formules (5) et (6).

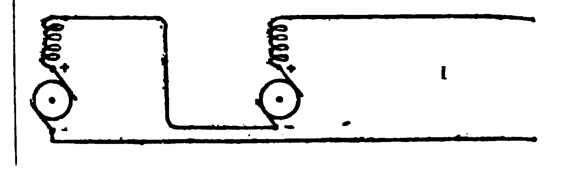
Couplage des machines. — Les machines d'induction étant comparables à des éléments de piles, on peut leur appliquer les raisonnements qui précèdent, et les grouper aussi en série ou en quantité. Il y a cependant quelques précautions à prendre. Il faut tenir compte de la nature de la machine et de son mode d'enroulement. Enfin il faut avoir soin de faire passer des courants égaux dans les inducteurs de toutes les machines, afin qu'elles aient des champs magnétiques égaux.

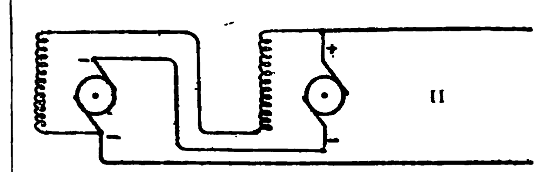
Couplage des dynamos à courant continu. — Pour ces machines, le couplage en série ne présente pas de difficultés. S'il s'agit de machines excitées en série, on réunit la borne positive de l'une à la négative de l'autre, et l'on attache le circuit extérieur aux deux autres bornes (fig. 201, I). On choisit ordinairement des machines à peu près de même puissance, afin de ne pas brûler la plus faible.

Si les machines sont excitées en dérivation, on peut les grouper en série de la même façon, mais en outre on relie ensemble les deux inducteurs, de manière qu'ils forment une seule dérivation partant de la borne négative d'une machine pour aboutir à la borne positive de l'autre (fig. 201, II).

Enfin, si les machines sont excitées en compound, on relie les gros fils comme dans le premier cas, et les fils fins comme dans le second (fig. 201, III). On grouperait de même un nombre quelconque de machines, mais, dans la pratique, on n'en accouple jamais plus de trois ou quatre.

Dans le couplage en quantité, il faut éviter que l'inducteur de la machine la plus faible se trouve parcouru en sens inverse par le courant





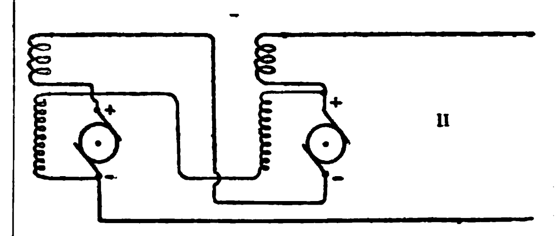
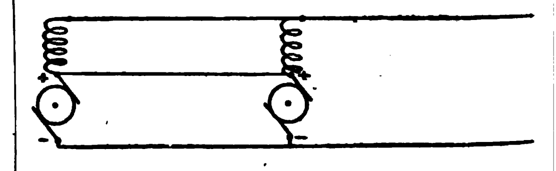
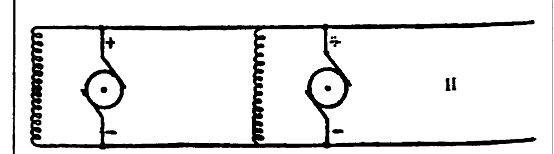


Fig. 201. — Couplage en série des dynamos à courant continu.

de l'autre, ce qui rendrait son champ magnétique encore plus faible.





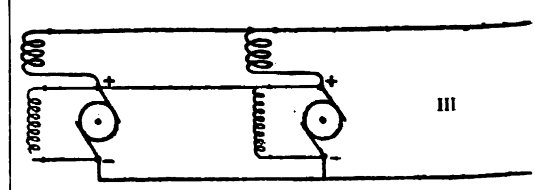


Fig. 202. — Couplage en quantité des dynamos à courant continu.

Si les machines sont excitées en série, on relie d'une part les bornes positives, d'autre part les négatives, puis on réunit le

cement des inducteurs par un fil fin appelé *fil de Gramme* ou *fil d'équilibre* (fig. 202, I).

Si elles sont excitées en dérivation, on réunit ensemble respectivement toutes les bornes et les extrémités des inducteurs de même nom (fig. 202, II).

Enfin, si elles sont excitées en compound, on opère comme pour les machines excitées en série, mais de plus on relie les fils fins d'une part au fil de Gramme, d'autre part aux balais négatifs (fig. 202, III).

Couplage des dynamos à courants alternatifs. — Ces machines, comme l'a montré M. J. Hopkinson, ne se prêtent pas au groupement en série, parce qu'elles adoptent des phases opposées d'alternativités et les courants se produisent successivement. Le groupement en quantité leur convient au contraire beaucoup mieux, parce que les courants se produisent simultanément et s'ajoutent. Il est cependant nécessaire de prendre quelques précautions pour obtenir un bon fonctionnement des appareils.

COUPLE. — Syn. d'*élément* de pile. (Voy. PILE.)

COUPLE TERRESTRE. — On appelle *couple*, en mécanique, le système formé par deux forces égales, parallèles et de sens contraires, mais non directement opposées. Un couple n'a pas de résultante; appliqué à un corps, il le fait tourner jusqu'à ce que les deux forces se trouvent directement opposées : il y a alors équilibre.

Le champ magnétique terrestre pouvant être regardé comme constant en un même lieu, une aiguille aimantée est soumise à deux forces égales, parallèles et de sens contraires, appliquées à ses deux pôles. C'est le couple directeur terrestre. (Voy. MAGNÉTISME et CHAMP TERRESTRE.)

COUPLEUR. — Voy. CONJONCTEUR-DISJONCTEUR.

COUPURE. — Pièce de cuivre qui reçoit les extrémités de deux sections consécutives d'une ligne télégraphique, et qui permet de localiser plus facilement les dérangements produits sur ces lignes.

Coupure permanente. — Poste télégraphique pouvant communiquer en tout temps avec les postes situés de chaque côté.

Coupure facultative. — Poste qui ne sert que d'une manière exceptionnelle, les postes situés en deçà ou au delà étant ordinairemen[t en] communication directe.

COURANT. — Flux d'électr[icité ...] un conducteur dont les e[...] potentiels différents.

Si l'on réunit par [...] conducteurs isolés et possédant des potentiels inégaux, la différence tend à disparaître ; les conducteurs prennent bientôt un même potentiel et l'équilibre est rétabli. Le système étant isolé n'a pu recevoir d'électricité de l'extérieur : il faut donc qu'une partie de celle qui était sur le conducteur au potentiel le plus élevé ait passé sur l'autre. C'est ce qu'on nomme un *courant.* Si les deux conducteurs sont les deux pôles d'une pile, la force électromotrice de celle-ci tend à rétablir sans cesse entre eux une différence de potentiel constante, et le courant peut continuer jusqu'à l'épuisement des substances qui constituent la pile.

On dit que le courant est dirigé, dans le conducteur interpolaire, du pôle (pôle positif) qui a le potentiel le plus élevé à l'autre (pôle négatif). Dans l'intérieur de la pile, l'expérience montre qu'il va du pôle négatif au pôle positif, de façon à constituer un circuit complet.

Ainsi, dans un élément de pile (fig. 203), le

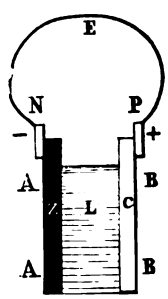


Fig. 203. — Sens du courant.

sens du courant est PEN dans le circuit extérieur, et NLC dans l'élément.

On constate aussi que l'intensité, c'est-à-dire la quantité qui traverse par seconde une section quelconque du circuit, est la même en tous les points. La gauche et la droite d'un courant se définissent d'après la règle d'Ampère.

On imagine un observateur placé sur le conducteur, recevant le courant par les pieds et regardant l'aimant ou le courant étudié. La droite et la gauche de cet observateur sont la droite et la gauche du courant.

L'intensité du courant dépend de la force électromotrice de la pile et de la résistance du circuit.

[...] est donnée par les lois suivantes :

[...] **d'Ohm.** — La propagation d'un courant [...]ı conducteur offre une certaine analogie [...]lle de la chaleur à travers un mur. En [...]ant sur cette analogie, Ohm a pu établir [...]s relatives à la propagation des co[...]

ments, il faudra se servir des équations (3) et (4), et l'on démontre que pour rendre maximum l'expression

$$I = \frac{E}{\frac{R}{m} + \frac{r}{p}}$$

ou, ce qui revient au même, rendre minimum son dénominateur, il faut qu'on ait

$$(5) \qquad \frac{R}{m} = \frac{r}{p},$$

ou

$$(6) \qquad R = \frac{mr}{p}.$$

Il faut donc, si l'on dispose d'un nombre donné n d'éléments, les assembler de telle sorte que la résistance totale de la pile soit autant que possible égale à celle du circuit extérieur. On calculera m et p par les formules (5) et (6).

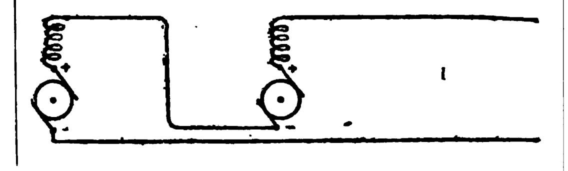
Couplage des machines. — Les machines d'induction étant comparables à des éléments de piles, on peut leur appliquer les raisonnements qui précèdent, et les grouper aussi en série ou en quantité. Il y a cependant quelques précautions à prendre. Il faut tenir compte de la nature de la machine et de son mode d'enroulement. Enfin il faut avoir soin de faire passer des courants égaux dans les inducteurs de toutes les machines, afin qu'elles aient des champs magnétiques égaux.

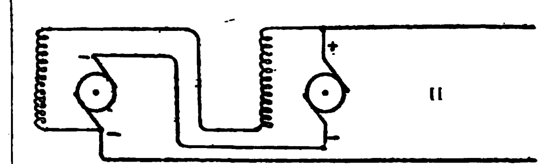
Couplage des dynamos à courant continu. — Pour ces machines, le couplage en série ne présente pas de difficultés. S'il s'agit de machines excitées en série, on réunit la borne positive de l'une à la négative de l'autre, et l'on attache le circuit extérieur aux deux autres bornes (fig. 201, I). On choisit ordinairement des machines à peu près de même puissance, afin de ne pas brûler la plus faible.

Si les machines sont excitées en dérivation, on peut les grouper en série de la même façon, mais en outre on relie ensemble les deux inducteurs, de manière qu'ils forment une seule dérivation partant de la borne négative d'une machine pour aboutir à la borne positive de l'autre (fig. 201, II).

Enfin, si les machines sont excitées en compound, on relie les gros fils comme dans le premier cas, et les fils fins comme dans le second (fig. 201, III). On grouperait de même un nombre quelconque de machines, mais, dans la pratique, on n'en accouple jamais plus de trois ou quatre.

Dans le couplage en quantité, il faut éviter que l'inducteur de la machine la plus faible se trouve parcouru en sens inverse par le courant





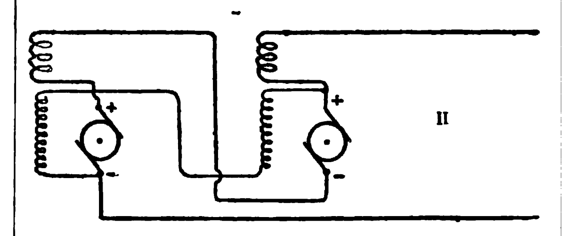
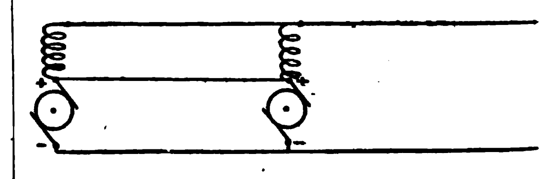
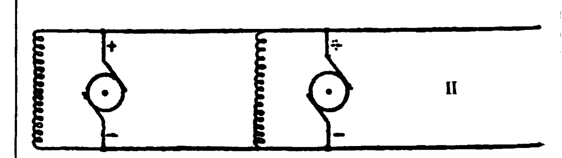


Fig. 201. — Couplage en série des dynamos à courant continu.

de l'autre, ce qui rendrait son champ magnétique encore plus faible.





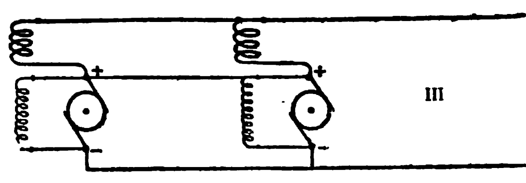


Fig. 202. — Couplage en quantité des dynamos à courant continu.

Si les machines sont excitées en série, on relie d'une part les bornes positives, d'autre part les négatives, puis on réunit le commen-

cement des inducteurs par un fil fin appelé *fil de Gramme* ou *fil d'équilibre* (fig. 202, I).

Si elles sont excitées en dérivation, on réunit ensemble respectivement toutes les bornes et les extrémités des inducteurs de même nom (fig. 202, II).

Enfin, si elles sont excitées en compound, on opère comme pour les machines excitées en série, mais de plus on relie les fils fins d'une part au fil de Gramme, d'autre part aux balais négatifs (fig. 202, III).

Couplage des dynamos à courants alternatifs. — Ces machines, comme l'a montré M. J. Hopkinson, ne se prêtent pas au groupement en série, parce qu'elles adoptent des phases opposées d'alternativités et les courants se produisent successivement. Le groupement en quantité leur convient au contraire beaucoup mieux, parce que les courants se produisent simultanément et s'ajoutent. Il est cependant nécessaire de prendre quelques précautions pour obtenir un bon fonctionnement des appareils.

COUPLE. — Syn. d'*élément* de pile. (Voy. PILE.)

COUPLE TERRESTRE. — On appelle *couple*, en mécanique, le système formé par deux forces égales, parallèles et de sens contraires, mais non directement opposées. Un couple n'a pas de résultante; appliqué à un corps, il le fait tourner jusqu'à ce que les deux forces se trouvent directement opposées : il y a alors équilibre.

Le champ magnétique terrestre pouvant être regardé comme constant en un même lieu, une aiguille aimantée est soumise à deux forces égales, parallèles et de sens contraires, appliquées à ses deux pôles. C'est le couple directeur terrestre. (Voy. MAGNÉTISME et CHAMP TERRESTRE.)

COUPLEUR. — Voy. CONJONCTEUR-DISJONCTEUR.

COUPURE. — Pièce de cuivre qui reçoit les extrémités de deux sections consécutives d'une ligne télégraphique, et qui permet de localiser plus facilement les dérangements produits sur ces lignes.

Coupure permanente. — Poste télégraphique pouvant communiquer en tout temps avec les postes situés de chaque côté.

Coupure facultative. — Poste qui ne sert que d'une manière exceptionnelle, les postes situés en deçà ou au delà étant ordinairement en communication directe.

COURANT. — Flux d'électricité qui traverse un conducteur dont les extrémités sont à des potentiels différents.

Si l'on réunit par un fil métallique deux conducteurs isolés et possédant des potentiels inégaux, la différence tend à disparaître ; les conducteurs prennent bientôt un même potentiel et l'équilibre est rétabli. Le système étant isolé n'a pu recevoir d'électricité de l'extérieur : il faut donc qu'une partie de celle qui était sur le conducteur au potentiel le plus élevé ait passé sur l'autre. C'est ce qu'on nomme un *courant*. Si les deux conducteurs sont les deux pôles d'une pile, la force électromotrice de celle-ci tend à rétablir sans cesse entre eux une différence de potentiel constante, et le courant peut continuer jusqu'à l'épuisement des substances qui constituent la pile.

On dit que le courant est dirigé, dans le conducteur interpolaire, du pôle (pôle positif) qui a le potentiel le plus élevé à l'autre (pôle négatif). Dans l'intérieur de la pile, l'expérience montre qu'il va du pôle négatif au pôle positif, de façon à constituer un circuit complet.

Ainsi, dans un élément de pile (fig. 203), le sens du courant est PEN dans le circuit extérieur, et NLC dans l'élément.

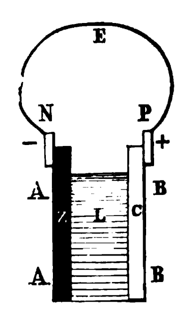


Fig. 203. — Sens du courant.

On constate aussi que l'intensité, c'est-à-dire la quantité qui traverse par seconde une section quelconque du circuit, est la même en tous les points. La gauche et la droite d'un courant se définissent d'après la règle d'Ampère.

On imagine un observateur placé sur le conducteur, recevant le courant par les pieds et regardant l'aimant ou le courant étudié. La droite et la gauche de cet observateur sont la droite et la gauche du courant.

L'intensité du courant dépend de la force électromotrice de la pile et de la résistance du circuit.

Elle est donnée par les lois suivantes :

Lois d'Ohm. — La propagation d'un courant dans un conducteur offre une certaine analogie avec celle de la chaleur à travers un mur. En s'appuyant sur cette analogie, Ohm a pu établir les lois relatives à la propagation des courants ;

de la vapeur dans l'éjecteur du frein à vide, et le train s'arrête automatiquement. A l'origine, le même mécanisme faisait manœuvrer un sifflet électro-automoteur (voy. ce mot), placé sur la machine.

CRYPTOTÉLÉGRAPHIE. — Communication télégraphique à l'aide de signaux particuliers, compréhensibles seulement pour l'expéditeur et le destinataire. (Voy. Télégraphie.)

CUIVRAGE ÉLECTROLYTIQUE. — Opération qui consiste à recouvrir les objets, et notamment la fonte de fer, d'un dépôt de cuivre par les procédés de la galvanoplastie. On cuivre également les objets en zinc et autres avant de les dorer, de les argenter, de les nickeler, ou même de les recouvrir d'un bronzage chimique, ces différents enduits s'appliquant beaucoup mieux sur la couche de cuivre. On appelle *laitonisage* le dépôt galvanique de cuivre jaune.

Nous n'insisterons pas sur le *cuivrage au trempé*, qui n'a aucun rapport avec l'électricité, et qui consiste à tremper l'objet en fer ou en zinc dans une solution de sulfate de cuivre. On n'obtient ainsi qu'un dépôt de cuivre mince et peu adhérent. Aussi ce procédé est-il à peu près abandonné.

Le cuivrage galvanique se fait dans des appareils semblables à ceux de la galvanoplastie. Un grand nombre de formules sont employées pour la composition des bains. Voici une de celles indiquées par M. Roseleur.

Bain à froid ou à chaud pour l'étain, la fonte ou les gros objets de zinc.

Bisulfite de soude..........	300 grammes.
Cyanure de potassium.....	500 —
Acétate de cuivre..........	550 —
Ammoniaque..............	200 —
Eau ordinaire.............	25 litres.

« On fait dissoudre dans 5 litres d'eau l'acétate de cuivre et l'ammoniaque, puis les autres sels dans le reste de l'eau, et l'on mélange les deux dissolutions. Si la décoloration n'était pas complète, on ajouterait un peu de cyanure.

« Les bains au cyanure ont l'inconvénient d'exiger un décapage parfait, souvent difficile à obtenir. Ils sont d'une application défectueuse avec le fer ordinaire, et surtout avec la fonte, qui contiennent des pailles, des trous, des impuretés. La couche de cuivre est alors rugueuse et discontinue; la rouille apparaît aux points découverts et gagne par-dessous avec une grande rapidité. De plus, le cyanure de potassium du commerce renferme souvent des quantités notables de carbonate; de là des irrégularités dans la composition des bains et aussi dans les résultats obtenus. Enfin les cyanures sont d'un prix élevé et exigent un fort courant pour être décomposés, et ils ont le défaut d'être très vénéneux. Aussi un grand nombre de travaux ont-ils été dirigés vers la recherche des bains sans cyanures.

« M. Weil se sert d'un tartrate double de cuivre et de potasse, avec un excès de potasse ou de soude, qui rend le sel plus soluble et augmente la conductibilité du bain. En outre, la liqueur, étant alcaline, protège le fer de toute attaque qui rendrait impossible l'adhérence du cuivre. » (Bouant, la *Galvanoplastie*).

Voici la composition de ce bain :

Eau........................	10 litres.
Sulfate de cuivre............	350 gr.
Tartrate double de soude et de potasse....................	1500 gr.
Soude caustique.............	800 gr.

On utilise également un certain nombre d'autres formules.

CUIVRE (POLE). — Nom donné quelquefois au pôle positif d'une pile, qui n'est cependant formé d'une lame de cuivre que dans un petit nombre de piles.

CURB-SENDER. — Dans les lignes télégraphiques sous-marines, on produit les deux espèces de signaux par des courants de sens contraires; malgré cette précaution, la ligne ne se décharge pas complètement, ce qui produit

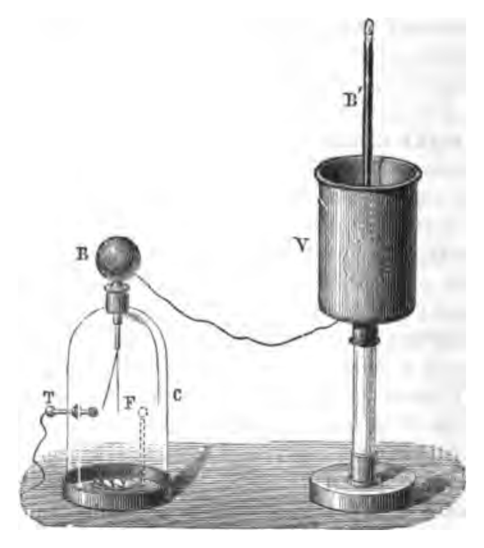


Fig. 206. — Cylindre de Faraday.

des difficultés de lecture, surtout après l'émission de plusieurs courants de même sens.

On facilite la lecture en recourbant (curb-

sending) les signaux, c'est-à-dire en faisant suivre chaque courant d'un courant de sens contraire, mais de durée plus courte. Le *curb-sender automatique* de Thomson et Jenkin produit cette inversion automatiquement. Il est analogue au transmetteur automatique de Wheatstone; il perfore une bande de papier sur deux lignes parallèles, chaque ligne correspondant l'une aux courants d'un certain sens, l'autre aux courants de sens contraire. Si les perforations se succèdent dans un ordre et à des distances convenables, chaque courant correspondant à un signal sera suivi d'un courant plus court et de sens contraire.

CUT-OFF ou **CUT-OUT**. — Voy. Coupe-circuit.

CYLINDRE DE FARADAY. — Si l'on introduit un corps électrisé ayant une charge $+m$ dans un cylindre métallique isolé V (fig. 206), celui-ci prend, d'après le théorème de Faraday (Voy. Influence), des charges $-m$ et $+m$ sur ses faces intérieures et extérieures. Si le cylindre V est en communication avec un électromètre de Gaugain ou mieux de Thomson, l'instrument fera connaître, par le nombre des décharges ou par la déviation, la charge du corps électrisé.

D

DAMASQUINURE ÉLECTRIQUE. — La damasquinure est l'art d'incruster dans un dessin gravé en creux sur métal un autre métal d'une couleur différente. Les procédés électrochimiques ont permis de remplacer l'emploi toujours difficile du burin par l'action du courant électrique.

On trace le dessin à la gouache, on recouvre tout le reste de la surface d'un vernis à épargnes (Voy. Électrochimie), et l'on met la pièce comme anode dans un bain d'acide sulfurique très étendu : la gouache, qui est formée d'un sel de plomb, se dissout bientôt, et le métal est ensuite attaqué. Lorsqu'on trouve les traits assez profonds, on porte l'objet en guise de cathode dans un bain faible du métal à déposer, or ou argent; on l'y laisse jusqu'à ce que les creux soient complètement remplis. On enlève alors le vernis et l'on polit à la main, pour enlever toute différence de niveau.

On peut encore opérer d'une manière inverse, épargner le dessin et creuser tout le fond, qu'on recouvre ensuite d'or ou d'argent; le dessin se détache sur ce fond.

DANSE ÉLECTRIQUE. — Mouvements éprouvés par des pantins en moelle de sureau qui sont attirés alternativement par des plateaux chargés d'électricités contraires.

DANSEUSE ÉLECTRIQUE. — Application des lois de l'électrodynamique. La danseuse (fig. 207) est traversée par un fil métallique vertical T, qui se replie ensuite en hélice de manière à former un solénoïde : l'extrémité inférieure de ce fil plonge dans un godet de mercure G. Lorsqu'un courant, entrant par le mercure, traverse le solénoïde, les spires de celui-ci s'attirent l'une l'autre, et la danseuse se soulève. Mais le fil cesse alors de plonger dans le mercure; le



Fig. 207. — Danseuse électrique.

courant est interrompu et la danseuse retombe par son poids. Un aimant cylindrique, introduit en sens convenable dans le solénoïde, augmente l'action et rend le mouvement plus rapide : les rideaux dissimulent le solénoïde et l'aimant.

DÉBIT. — On appelle débit d'une source

d'électricité, par analogie avec ce qui a lieu pour un courant d'eau, le nombre de coulombs qui traverse une section du conducteur interpolaire en un temps donné, par exemple en une seconde.

Pour les machines électrostatiques et les bobines d'induction, le débit peut s'évaluer par le temps nécessaire pour charger un condensateur à un potentiel donné. On peut se servir pour cela de la bouteille de Lane. Dans les machines à frottement, il est proportionnel à la surface frottée ou à la longueur des frottoirs, et, dans des limites assez grandes, à la vitesse de rotation; il est indépendant de la capacité des conducteurs. Dans les machines à induction (machine de Holtz, etc.) le débit est beaucoup plus grand; il est encore proportionnel à la vitesse et indépendant de la capacité des conducteurs.

DÉCHARGE. — Action de ramener à l'état neutre un corps électrisé, en le faisant communiquer avec le sol, ou un condensateur en reliant ensemble ses deux armartures. La décharge d'un condensateur ou d'une bouteille de Leyde (voy. ces mots) peut être lente ou instantanée.

Le conducteur qui sert à la décharge est traversé par un véritable courant. La décharge est toujours accompagnée d'une étincelle. Si la plus grande partie de l'énergie disponible est dépensée dans les conducteurs qui servent à la décharge, celle-ci est dite *conductive;* elle est *disruptive*, si cette énergie est absorbée surtout par l'étincelle.

Décharge conductive. — Dans la décharge conductive, si aucun travail extérieur n'est accompli, toute l'énergie est employée à échauffer le conducteur. Cette énergie est $\frac{1}{2}$ CV² ou $\frac{1}{2}\frac{M^2}{C}$. Si Q est le nombre de calories dégagé et J l'équivalent de la chaleur 4,17, on a

$$JQ = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}\frac{M^2}{C}.$$

En prenant un circuit formé de très gros conducteurs, et en y intercalant un seul fil très fin, placé dans un thermomètre de Riess, ce dernier fil absorbe toute la chaleur, et l'on constate qu'il prend une température

$$t = \frac{Q}{pc}.$$

p étant son poids et c sa chaleur spécifique.

Les métaux peuvent être ainsi fondus ou volatilisés. Si le circuit contient un corps mauvais conducteur, la plus grande partie de l'énergie est dépensée sous forme de travail mécanique pour percer ou briser ce corps.

Décharge disruptive. — La décharge disruptive offre des formes très variées qui peuvent cependant se diviser en trois espèces : l'*étincelle*, l'*aigrette*, la *lueur* (voy. ces mots).

En étudiant ces trois formes avec un miroir tournant, on remarque que, malgré leur courte durée, elles sont toujours formées d'un grand nombre de décharges successives.

DÉCLENCHEMENT ÉLECTRIQUE DE MISE DE FEU POUR TUBES LANCE-TORPILLES. — Dans les tubes lance-torpilles du système Canet, l'électricité est utilisée de la manière suivante.

« On sait que la gargousse de lancement, d'une forme particulière, est fabriquée avec une poudre spéciale. Elle se place dans une chambre ménagée sur la face antérieure de la porte, et dont la disposition est telle que les gaz vont frapper les parois du tube avant d'atteindre la torpille.

« De plus, dans le tube lance-torpilles système Canet, les gaz, se distribuant sur le pourtour de la torpille, ne viennent pas, comme cela se produit dans la plupart des tubes de lancement à la poudre, détériorer et encrasser le mécanisme de lancement de la torpille. On peut, grâce aux dimensions de la chambre, renforcer la charge en plaçant plusieurs gargousses, ce qui est nécessaire quand le tube est plein d'eau, ou quand on veut une plus grande vitesse initiale.

« L'inflammation de la charge se fait au moyen d'une étoupille obturatrice à percussion qui se place dans un logement ménagé à cet effet au centre de la porte; cette étoupille s'enlève à l'aide d'un extracteur coup-de-poing.

« Ces détails étant donnés, voici comment l'électricité apporte son concours à la mise de feu.

« Un verrou, glissant dans une rainure verticale de la culasse, porte un marteau qui peut tourner autour d'un axe monté sur un verrou; ce marteau est muni d'une queue dentée engrenant avec une crémaillère fixée sur la porte. Quand le verrou remonte, la crémaillère agit sur la queue du chien et abat ce dernier sur le percuteur, qui se trouve à ce moment placé sur l'étoupille.

« Le levier de mise de feu qui vient agir sur le verrou pour le faire remonter est actionné par un fort ressort bandé à l'avance. Une détente le maintient en place jusqu'à ce que le déclenchement du système se produise au moyen d'un électro-aimant.

« Pour armer le mécanisme de mise de feu, on bande les ressorts au moyen d'un levier s'engageant dans une douille, et on enclenche le linguet de détente. Une goupille de sûreté s'oppose à tout déclenchement accidentel tant qu'on ne veut pas faire le lancement.

« La pile est renfermée dans une boîte en bois munie de poignées; elle contient neuf éléments Leclanché disposés d'une façon particulière.

« Un ferme-circuit permet à l'officier torpilleur de mettre le feu à distance. Une sonnerie à fils indépendants avertit du bon ou du mauvais

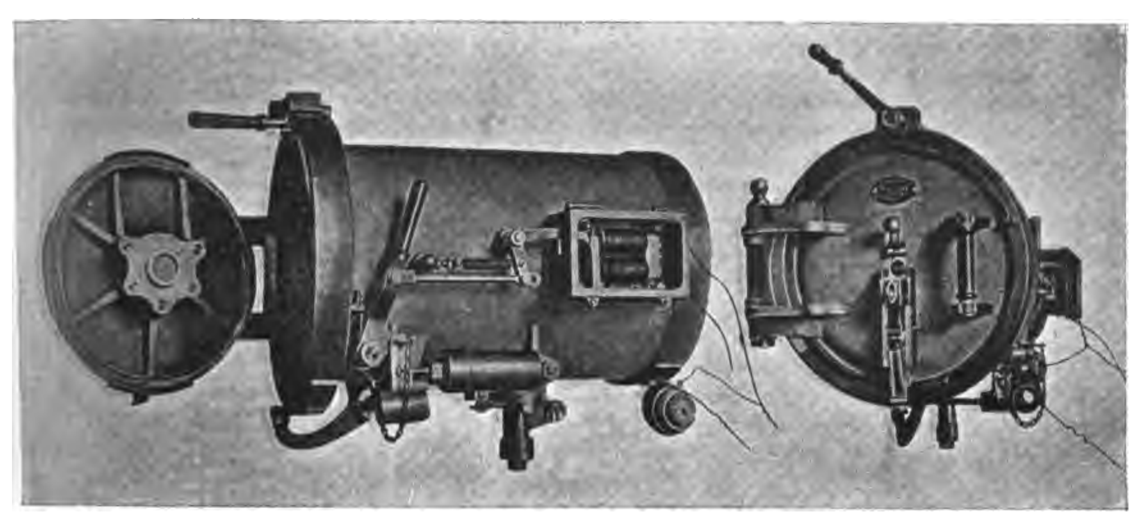


Fig. 208. — Déclencheur électrique de mise de feu pour tubes lance-torpilles.

fonctionnement de la pile. » (*Colonel* Gun, *L'Électricité appliquée à l'art militaire.*)

DÉCLINAISON. — Angle que fait le méridien magnétique avec le méridien astronomique; c'est aussi l'angle que fait une aiguille aimantée, mobile dans un plan horizontal, avec la ligne nord-sud. La déclinaison est dite orientale ou occidentale suivant que le pôle nord de l'aiguille est à l'est ou à l'ouest de la méridienne.

Mesure de la déclinaison. — Pour mesurer la déclinaison, il faut déterminer d'abord le méridien astronomique, puis le méridien magnétique. On se sert pour cela d'une *boussole de déclinaison*, par exemple celle de Brunner.

On rend d'abord le cercle inférieur bien horizontal à l'aide des vis calantes, puis on cherche le méridien astronomique, par l'une des méthodes ordinaires : la plus simple consiste à viser un astre avec la lunette du théodolite, quelque temps avant son passage au méridien; on note exactement, sur le cercle horizontal, l'azimut qui contient la lunette. On vise l'astre de nouveau quelque temps après, et l'on note encore l'azimut de la lunette quand l'astre se trouve à la même hauteur au-dessus de l'horizon, après avoir traversé le méridien, c'est-à-dire quand on le voit au centre du champ, la lunette n'ayant pas été déplacée sur le cercle vertical. Le méridien est le plan bissecteur des deux positions du théodolite.

Quand on a déterminé le méridien géographique, on fait tourner l'appareil sur le cercle gradué horizontal jusqu'à ce que le trait médian de l'une des extrémités de l'aimant fasse son image sur le réticule du microscope. Si l'on a tourné l'appareil d'un angle β à partir du méridien astronomique, la déclinaison est égale à l'angle β.

Il est nécessaire de prendre quelques précautions : il faut lire à chaque observation les deux verniers du cercle horizontal pour remédier aux erreurs de centrage.

De plus, on vise successivement les deux pointes de l'aiguille en faisant passer le microscope au-dessous de la cage, puis on retourne l'aiguille de manière à diriger vers le haut la face qui regardait d'abord vers le bas, et on recommence les lectures, afin d'éviter les effets de la non-coïncidence de la ligne des pôles avec l'axe de symétrie de l'aimant.

Dans les observatoires, on se sert encore, pour mesurer la déclinaison, d'instruments appelés *magnétomètres*, et, en voyage, on peut employer

le *théodolite magnétique* de Lamont (voy. ces mots), qui est facile à transporter.

Variations de la déclinaison. — La déclinaison subit des variations diurnes, séculaires et accidentelles.

En un même lieu, la déclinaison éprouve une oscillation diurne bien nette, avec deux maxima et deux minima; l'amplitude est plus grande le jour que la nuit.

A Paris, la déclinaison, lorsqu'on commença à l'observer, était orientale et allait en décroissant. Elle devint nulle en 1666, puis orientale, et augmenta jusqu'en 1824; elle était alors de 24°. Depuis cette époque, elle diminue et redeviendra nulle vers 2114. Ces changements peuvent être représentés par une rotation uniforme de l'axe magnétique du globe autour de la ligne des pôles, se faisant dans le sens des aiguilles d'une montre, pour un observateur placé au pôle nord, et dans une période d'environ 900 ans.

Les variations accidentelles ou orages magnétiques paraissent en rapport avec les aurores polaires.

Les variations de la déclinaison sont étudiées à l'aide de *magnétomètres enregistreurs* (voy. ce mot).

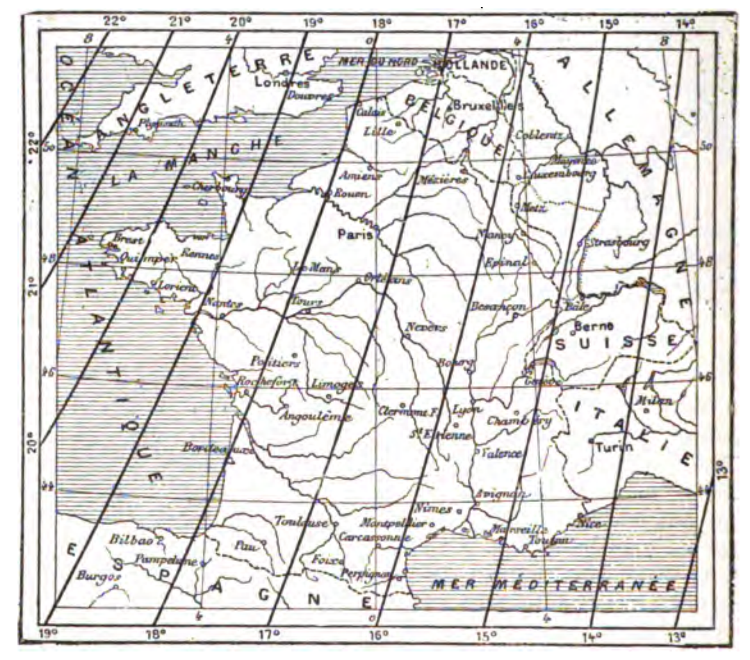


Fig. 209. — Carte de la déclinaison en France.

La figure 209 montre la disposition des lignes d'égale déclinaison en France.

DÉCLINOMÈTRE. — Syn. de MAGNÉTOMÈTRE.

DÉCRÉMENT LOGARITHMIQUE. — Logarithme népérien du rapport de deux amplitudes consécutives d'un système oscillant, qui peut être pris comme mesure de l'amortissement (voy. ce mot).

DENSITÉ D'UN COURANT. — Intensité par unité de surface du conducteur ou nombre d'ampères qui traverse un millimètre carré du conducteur.

Dans le cas des courants alternatifs à courte période, sir W. Thomson a remarqué que la densité du courant, au lieu d'être uniforme dans toute la surface, va en diminuant à partir de la périphérie. Pour des conducteurs de plus d'un centimètre carré, il y a donc avantage à prendre des tubes creux n'ayant pas plus de 3 millimètres d'épaisseur.

DENSITÉ ÉLECTRIQUE. — On nomme densité électrique en un point la charge électrique par unité de surface dans le voisinage de ce point, ou plus exactement, si q est la charge répandue sur une très petite surface S autour de ce point, la limite du rapport $\frac{q}{S}$ lorsque S tend vers zéro.

La densité électrique est généralement varia-

ble à la surface d'un corps électrisé. (Voy. Distribution.)

Densité magnétique. — Elle se définit comme la densité électrique.

DÉPÊCHE TÉLÉGRAPHIQUE. — Synonyme de Télégramme.

DÉPERDITION DE L'ÉLECTRICITÉ. — Un corps électrisé et isolé ne tarde pas à revenir à l'état neutre. On attribue cette *déperdition* de l'électricité à l'action de l'air et à celle des supports.

Déperdition par les supports. — Il n'y a pas de corps qui soit véritablement isolant : tous les supports conduisent donc plus ou moins l'électricité, soit par leur substance même, soit par la petite couche d'humidité dont ils sont ordinairement recouverts.

Coulomb a étudié l'influence des supports à l'aide de la balance de torsion. Il considérait un support comme parfaitement isolant lorsque la déperdition était la même, la boule fixe étant soutenue par plusieurs supports identiques ou par un seul. La gomme laque est un bon isolant quand elle a été conservée dans l'air sec; exposée longtemps à l'air humide, elle devient conductrice.

Déperdition par l'air. — L'action de l'air peut résulter soit d'une conductibilité propre analogue à celle des solides et des liquides; soit d'une sorte de *convection*, les molécules d'air voisines du corps électrisé se chargeant à son contact de la même électricité; elles sont alors repoussées et remplacées par d'autres qui s'électrisent à leur tour.

Coulomb a étudié ce phénomène avec la balance de torsion, en déterminant la diminution de la torsion pendant chaque unité de temps. Il a trouvé que le rapport de la diminution de torsion dans l'unité de temps à la torsion moyenne est constant dans une même série d'expériences. Ce rapport constant s'appelle le *coefficient de déperdition.* Il en résulte que la charge décroît en progression géométrique lorsque le temps augmente en progression arithmétique.

Coulomb a vérifié que, dans l'air sec, et pour des charges peu considérables, le coefficient de déperdition est indépendant des dimensions, de la forme et même de la nature du corps; il est aussi indépendant de la nature de l'électricité; mais il varie avec les conditions atmosphériques.

M. Matteucci a constaté que la déperdition diminue par l'agitation de l'air, qu'elle augmente avec la température e que, pour de fortes charges, elle est plus rapide pour l'électricité négative, etc.

DÉPERDITION MAGNÉTIQUE. — Diminution de la quantité de magnétisme qui se produit sous l'influence du temps dans un aimant aimanté à saturation.

DÉPOLARISATION. — Action de dépolariser une pile, c'est-à-dire de faire disparaître la couche d'hydrogène qui tend à s'accumuler sur le pôle positif, ce qui augmente la résistance et diminue la force électromotrice (voy. Polarisation). On dépolarise une pile : 1° le plus souvent en absorbant l'hydrogène par un corps dépolarisant, c'est-à-dire oxydant (sulfate de cuivre, acide azotique, bichromate de potasse, etc.); 2° en recouvrant le pôle positif de platine pulvérulent et rugueux (pile de Smee); 3° en agitant le liquide par un courant d'air.

DÉPOT GALVANIQUE. — Dépôt métallique effectué sous l'action d'un courant électrique. (Voy. Électrolyse, Galvanoplastie, Électrochimie, Dorure, Argenture, etc.)

DÉRAILLEMENT. — Dérangement d'un appareil télégraphique imprimeur dû à ce que le transmetteur et le récepteur ne sont pas synchrones.

DÉRANGEMENT. — On nomme ainsi toute irrégularité dans les relations d'un poste télégraphique avec les postes correspondants.

Dès qu'un dérangement se produit, il importe de le circonscrire et d'y rémédier.

On cherche d'abord si le dérangement provient d'un des appareils du poste ou bien de la ligne. Plusieurs cas peuvent se présenter.

a. Si l'on reçoit des postes correspondants des contacts intermittents, on sait immédiatement qu'il y a un *mélange* (contact) sur la ligne.

b. Si l'on en reçoit un contact permanent, on consulte le galvanomètre. S'il est immobile, le dérangement est dans le poste. S'il donne une déviation constante, on détache le fil de ligne : si le contact cesse, le dérangement est dû à la ligne; s'il persiste, il est dû au poste et produit par un contact de la pile avec un des conducteurs.

c. Si le poste correspondant appelle continuellement, ce qui indique qu'il ne reçoit pas la réponse, le plus souvent le derangement est dans la ligne ou dans l'autre poste.

d. Enfin, si l'on ne peut recevoir aucun signal du poste correspondant, on détache le fil de ligne et l'on ferme le poste par un circuit local, en réunissant ses deux extrémités par un fil métallique. Si le récepteur fonctionne dans ces conditions, le dérangement est dans la

ligne ; s'il ne fonctionne pas, on essaye successivement les divers appareils du poste.

Recherche d'un dérangement dans un poste. — Supposons qu'on ait vérifié que le dérangement est dans le poste. On essaye alors successivement chacun des appareils dont ce poste est composé.

Pour cela, on opère de la manière suivante : Supposons par exemple qu'il s'agisse d'un télégraphe Morse. On réunit par un fil ou un objet métallique quelconque les deux bornes P' et P du manipulateur qui communiquent l'une à la pile, l'autre au récepteur (voy. TÉLÉGRAPHE); le courant de la pile locale passe alors directement dans le récepteur, qui doit être actionné. S'il en est ainsi, la pile et le récepteur sont en bon état.

Pile. — Si cette opération ne réussit pas, on met la pile en communication avec un galvanomètre, pour voir si elle fonctionne; si elle ne donne qu'un courant insuffisant, on essaye les divers couples séparément, et l'on remonte les éléments qui en ont besoin. On vérifie aussi la propreté et le bon état des contacts.

Récepteur. — Si la pile marche bien, le dérangement est dans le récepteur. Il ne peut consister qu'en une rupture du fil, que l'on constate en y faisant passer un courant, ou en un défaut de réglage, auquel on remédie facilement.

Manipulateur. — Après la vérification précédente, on vérifie le bon état du manipulateur en reliant sa borne de ligne à celle du récepteur et transmettant ainsi en local. Si la transmission se fait bien, le manipulateur est en bon état.

Vérification du poste entier. — Enfin on vérifie d'une manière analogue la boussole, le paratonnerre, la sonnerie et tous les appareils du poste. Quand on a fini, il est bon de vérifier le poste entier en supprimant la ligne et reliant directement la borne de ligne à la pile locale. On doit pouvoir alors faire en local toutes les opérations d'une bonne transmission et actionner à volonté le récepteur ou la sonnerie.

Recherche d'un dérangement dans la ligne. — Les dérangements qui se produisent le plus ordinairement sur une ligne sont : un isolement, total par rupture du fil, ou partiel par mauvaise jonction; une perte à la terre, totale ou partielle, selon la manière dont s'est établi ce contact; enfin un mélange ou contact de... fils.

Ces dérangements peuvent être trouvés ... lement par une étude attentive de la l... mais on préfère ordinairement les che... sans sortir du poste, en mesurant la résista... de la ligne, et vérifiant si elle présente sa v... leur normale. Cette mesure se fait par la m... thode du pont de Wheatstone, que nous in... quons plus loin (voy. ce mot).

Pour cela, on met l'extrémité de la ligne à la terre au poste B (fig. 210) et, au poste A, on r...

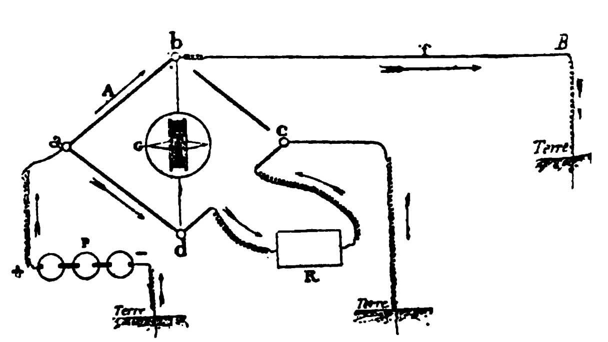


Fig. 210. — Recherche d'un dérangement sur une ligne.

l'autre extrémité à la borne *b* du pont de Wheatstone.

La borne *c* est mise à la terre, et *a* relié ... pôle positif d'une pile, dont l'autre pôle est é... lement à la terre; la branche *cd* contient une boîte de résistances R. En amenant le galvanomètre au zéro, on détermine la résistance du fil *f*; connaissant sa longueur, on juge si ce... résistance présente sa valeur normale.

On détermine ensuite le point de la ligne ... se trouve le dérangement. Supposons la ligne formée d'un seul fil (fig. 211), et soit D le dérangement; soit R la résistance de AD, R' celle de DB, et *r* celle du dérangement. On isole l'une des extrémités à la station B, et l'on mesure au poste A la résistance du fil R_1, qui se compose de R et de *r*.

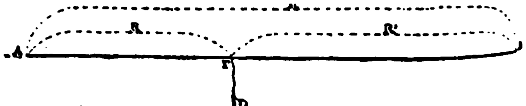


Fig. 211. — Recherche de la distance du dérangement.

$$R_1 = R + r.$$

On isole ensuite l'extrémité A et l'on mesure en B la résistance, qui est

$$R_2 = R' + r.$$

On connaît de plus la résistance totale de la gne AB, qui est

$$R'' = R + R'.$$

Entre ces trois équations, on peut éliminer *r* t calculer R et R'; l'une de ces quantités suffit pour donner la distance du dérangement D à un des postes A ou B.

Nous avons indiqué seulement les dérangements les plus fréquents; il peut s'en présenter un certain nombre d'autres auxquels on remédie d'une manière analogue.

DÉRIVATEUR. — Appareil servant à empêcher les courants télégraphiques d'être entendus dans le téléphone (téléphonie par les lignes télégraphiques, procédé Van Rysselberghe).

DÉRIVATION. — Lorsque deux points d'un circuit électrique sont reliés par deux ou plusieurs conducteurs, on dit qu'on a établi entre ces points une ou plusieurs *dérivations*. (Voy. COURANT DÉRIVÉ.)

Beaucoup d'appareils, lampes, sonneries, etc., se placent souvent en dérivation.

DÉSAIMANTATION. — Action de désaimanter un aimant, c'est-à-dire de le ramener à l'état neutre.

DÉSAMORÇAGE. — Il peut arriver qu'une machine dynamo, continuant à tourner, cesse tout à coup de produire un courant. Le désamorçage peut être dû à une augmentation de la résistance du circuit, qui devient supérieur à la tangente trigonométrique de la tangente à la caractéristique à l'origine (voy. CARACTÉRISTIQUE); il peut résulter aussi d'une diminution de vitesse de la machine, ce qui change la caractéristique, laquelle peut alors ne plus couper la droite qui représente la résistance.

DÉSENGAGEUR ou **COULISSE ÉLECTRIQUE.** — Appareil électrique servant à empêcher la manœuvre intempestive des signaux dans les appareils de Tyer et Farmer, pour le Block-system.

DÉSINFECTION ÉLECTROLYTIQUE. — M. E. Hermite a appliqué à la désinfection des vidanges et des eaux d'égout et à la purification des eaux d'alimentation ou des eaux industrielles une méthode analogue au procédé de blanchiment électrolytique que nous avons décrit plus haut. Cette méthode repose sur la décomposition électrolytique des chlorures de potassium, sodium, calcium, magnésium ou aluminium en présence de l'eau; il se forme, dans ces conditions, d'après l'auteur, au pôle positif des composés oxygénés du chlore, très

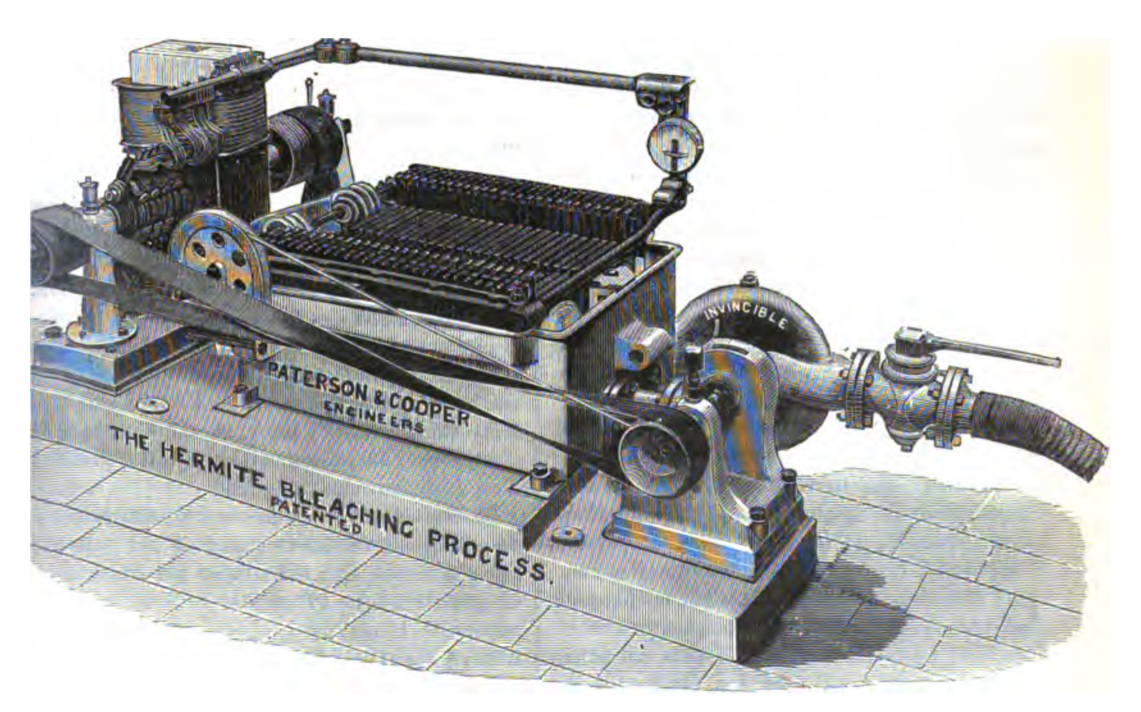


Fig. 212. — Appareil pour désinfection électrolytique.

instables et doués d'un grand pouvoir d'oxydation et de désinfection; au pôle négatif, on obtient un oxyde capable de précipiter certaines matières organiques.

On se procure donc ainsi un liquide qui a les propriétés suivantes :

1° De détruire complètement les matières organiques résultant de la putréfaction, et aussi les gaz tels que l'hydrogène sulfuré, le sulfure d'ammonium, les carbures d'hydrogène et aussi les germes ou microbes.

2° De précipiter certaines matières telles que les matières albuminoïdes, etc., et par conséquent de clarifier les eaux.

Ce procédé peut être appliqué de deux manières différentes. On peut mélanger une faible proportion d'un des sels précédents avec le liquide à désinfecter, et faire circuler le mélange dans l'*Électrolyseur* décrit ci-dessous (action directe). On peut au contraire prendre une dissolution d'un chlorure, ou de l'eau de mer, de l'eau provenant des marais salants ou même de certaines usines de produits chimiques, et faire circuler ce liquide dans les électrolyseurs autant de fois qu'il est nécessaire pour lui donner le titre voulu en composés chlorés; on le mélange ensuite avec le liquide à désinfecter ou on l'emploie pour le lavage des égouts ou des ruisseaux.

La figure 212 représente l'électrolyseur employé par M. Hermite. Il consiste en une cuve de fonte galvanisée, ayant à la partie inférieure un tube perforé d'un grand nombre de trous et muni d'un robinet en zinc par lequel arrive le liquide. Le haut de la cuve est muni d'un rebord formant canal; le liquide déborde dans ce canal et sort par un tuyau. On a ainsi une circulation continuelle.

Les électrodes négatives sont formées par un certain nombre de disques en zinc montés sur deux arbres qui tournent lentement. Entre chaque paire de disques sont placées les électrodes positives, formées de toile de platine maintenue par un cadre en ébonite. Des couteaux flexibles en ébonite, fixés sur les plaques positives, pressent contre les disques en zinc et détachent immédiatement les dépôts qui pourraient se former. Toutes les électrodes de même nom d'un appareil sont réunies en batterie. Si l'on emploie plusieurs électrolyseurs, on les monte en tension.

Ce procédé convient particulièrement aux villes voisines de la mer ou à celles qui peuvent d'une manière quelconque se procurer à bas prix le chlorure nécessaire.

La *Stanley Electric Company*, de Philadelphie, étudie actuellement un procédé différent de purification des eaux, fondé sur la réduction des matières organiques par l'oxyde de fer. L'eau est accumulée dans un réservoir, d'où une pompe l'envoie d'une façon continue dans un électrolyseur, contenant des électrodes négatives en charbon et des anodes en fer. Une petite quantité d'eau est décomposée; l'oxygène qui se porte au pôle positif attaque le fer. L'oxyde se détache, réduit les matières organiques, et vient flotter à la surface. Il est entraîné par un tuyau de déversement situé à la partie supérieure. L'eau s'écoule dans un filtre où on la laisse séjourner quelque temps, pour permettre à la petite quantité d'oxyde restée en suspension de se déposer. Les résultats paraissent satisfaisants.

Enfin l'on essaye en Angleterre le procédé Webster, qui fait usage de plaques positives en charbon et d'électrodes négatives en fer, séparées par une cloison poreuse. On obtient d'après l'auteur, au pôle positif une solution de chlore et d'acide hypochloreux, grâce aux chlorures qui se trouvent toujours dans les eaux d'égout, au pôle négatif, de l'ammoniaque, de la soude et de la potasse qui, à leur tour, précipitent les sels de chaux et de magnésie, tandis que les premiers composés oxydent et détruisent rapidement les matières organiques.

DÉTERMINANTE. — Intensité maximum que puisse subir une machine dynamo sans échauffement sensible.

DÉVIATION (Méthode de). — Voy. Méthode.

DIAGOMÈTRE. — Sorte d'électroscope imaginé par Rousseau, en 1823, pour reconnaître la falsification des huiles d'olive, en s'appuyant sur ce que la propagation de l'électricité, très lente dans certains liquides, est notablement changée par la présence d'une petite quantité d'un autre liquide.

Le diagomètre se compose de deux disques de clinquant verticaux (fig. 213) : l'un L est porté par une tige métallique qui traverse le disque métallique PP et peut recevoir à l'autre extrémité L' un godet G, également en métal. L'autre disque est fixé à l'extrémité d'une aiguille aimantée très légère M, placée sur un pivot d'acier qui termine une colonne métallique placée au centre du plateau PP. Le godet G étant rempli du liquide à essayer, jusqu'à un niveau constant, on tourne l'appareil jusqu'à ce que le disque d'épreuve L vienne toucher exactement le disque mobile, qui se place de lui-même dans le méridien magnétique, puis on amène au con-

tact de la surface du liquide une tige métallique isolée et mue par une crémaillère, et l'on fait communiquer cette tige avec l'un des pôles *m* d'une pile sèche dont l'autre pôle *m'* est au sol. Il suffit alors d'observer, à l'aide d'un chronomètre, le temps que met l'aiguille à atteindre son maximum d'écart, à partir du moment où la communication est établie.

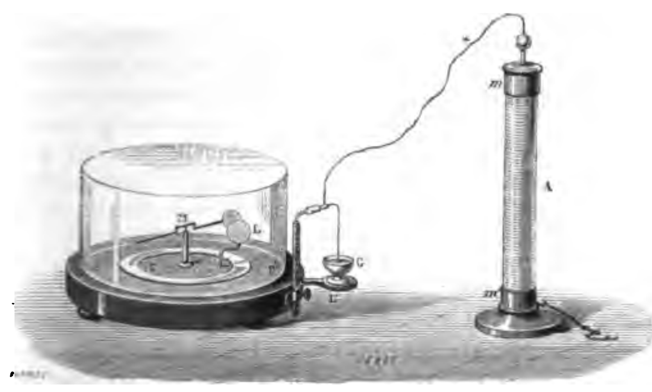


Fig. 213. — Diagomètre de Rousseau.

Un cercle d'ivoire divisé E, fixé sur le plateau PP, permet d'observer les écarts.

Rousseau a reconnu ainsi que l'huile d'olive possède une conductibilité de beaucoup inférieure à celle de toutes les autres huiles végétales ou animales, et qu'on peut apprécier facilement par ce procédé le degré de pureté des huiles d'olive du commerce.

DIAMAGNÉTIQUE (Corps). — Corps repoussé par l'aimant. (Voy. Magnétique.)

DIAMAGNÉTISME. — Propriété que possèdent certains corps d'être repoussés par les aimants. (Voy. Magnétique.)

DIAMAGNÉTOMÈTRE. — Appareil servant à étudier le diamagnétisme.

DIAPHRAGME. — Cloison poreuse servant à séparer les liquides d'une pile.

DIÉLECTRIQUE. — Syn. de corps isolant ou mauvais conducteur. Faraday leur a donné ce nom, parce que ce sont les seuls dans lesquels les forces électriques puissent exister ou se propager.

DIFFÉRENTIEL (Galvanomètre). — Voy. Galvanomètre.

DILATATION ÉLECTRIQUE DU VERRE. — Volta a constaté que le volume intérieur d'une bouteille de Leyde augmente lorsqu'on la charge. Plusieurs physiciens ont constaté le même phénomène.

DIMENSIONS DES UNITÉS. — Voy. Unités.

DIPLEX. — Voy. Télégraphie.

DISJONCTEUR. — Voy. Conjoncteur.

DISPERSION ÉLECTRIQUE. — Syn. de Déperdition.

DISQUE ÉLECTRIQUE. — Lorsqu'un disque d'arrêt est placé à plus de 1500 ou 1800 mètres du poste qui doit le manœuvrer, l'emploi des dispositions mécaniques ordinaires devient difficile, surtout par un grand vent, car l'effort nécessaire peut alors dépasser la résistance des fils de fer de 3 ou 4 millimètres, employés d'ordinaire, et déterminer leur rupture. On a essayé dans ce cas d'avoir recours à l'électricité, notamment sur les chemins de fer d'Autriche, de Suisse, des États-Unis. Les disques électriques sont peu employés en France, parce qu'ils sont plus coûteux et plus délicats que les appareils ordinaires : ils ont été cependant mis à l'essai, notamment par la Compagnie de l'Est.

Système Teirich et Léopolder. — Ce système est l'un des plus employés en Autriche. L'axe vertical I qui porte le disque est commandé par un mécanisme d'horlogerie, qui, dans la position ordinaire, est arrêté en trois points E, F et G (fig. 214). Pour manœuvrer l'appareil, on

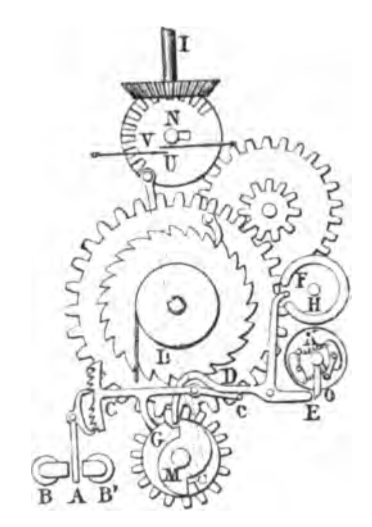


Fig. 214. — Mécanisme du disque Teirich et Léopolder (d'après un dessin communiqué par M. G. Dumont).

se sert d'une petite machine magnéto-électrique, à l'aide de laquelle on envoie dans les bobines BB' une série de courants alternatis. L'armature polarisée A est alors attirée alternati-

vement par ces deux bobines et exécute une série d'oscillations qui dégagent l'ancre d'échappement C. Le levier CC bascule et soulève la pièce D, qui libère le mécanisme en E, F et G. Celui-ci se met à tourner et entraîne, au moyen de la bielle L et des roues d'angle supérieures, l'arbre I, qui fait un quart de tour et met le disque à l'arrêt. En même temps, le doigt N met en contact les deux ressorts U et V, ce qui ferme le circuit de la sonnerie de contrôle.

Les cames de la roue M ramènent ensuite à leur position initiale le levier CC et la pièce D, et arrêtent le mouvement.

Pour rouvrir le disque, on lance de nouveau les courants alternatifs.

L'emploi des courants alternatifs a l'avantage de soustraire les appareils à l'influence des orages, l'échappement C ne pouvant être déclenché que par une série d'oscillations de l'armature A.

Système Schœffler, etc. — Il existe beaucoup d'autres systèmes de disques électriques. La Compagnie de l'Est a expérimenté les disques Schœffler, qui sont mus par un mouvement d'horlogerie analogue à celui des cloches Léopolder, contenu dans une boîte formant le socle de l'appareil, et actionné par un poids.

Quand le disque est ouvert, le courant continu d'une pile Meidinger traverse un électro-aimant, qui attire une armature et arrête le mouvement d'horlogerie. Lorsqu'on interrompt le courant au moyen d'un commutateur placé au poste de manœuvre, l'armature s'incline et laisse échapper le mécanisme, qui entraîne l'arbre du disque et le fait tourner de 90°; une came vient alors arrêter le mouvement. Si on lance de nouveau le courant dans l'électro-aimant, la disposition est telle qu'on obtient une rotation de sens contraire à la première, et le disque s'efface.

La Compagnie de l'Est a remplacé, depuis le mois d'août 1886, le disque Schœffler, dont les rouages s'usent assez rapidement sous l'influence de la poussière, par le disque de MM. Dumont et Postel-Vinay, dont les organes sont très robustes, et qui est également actionné par le courant continu d'une pile au sulfate de cuivre.

DISRUPTIVE (DÉCHARGE). — Voy. DÉCHARGE et ÉTINCELLE.

DISSIMULÉE (ÉLECTRICITÉ). — Voy. ÉLECTRICITÉ.

DISTANCE EXPLOSIVE. — La distance explosive entre deux conducteurs, ou la longueur maxima de l'étincelle, dépend de la différence de potentiel de ces conducteurs; elle croît plus vite que cette différence. En outre, elle diffère un peu avec la forme des conducteurs : ainsi elle est plus grande avec deux sphères qu'avec deux plateaux.

Dans l'air, la distance explosive est la même pour l'aigrette et pour l'étincelle. Si l'on diminue la pression, la distance correspondant à une certaine différence de potentiel augmente jusqu'à une certaine limite, et diminue ensuite rapidement. Cette limite dépend d'ailleurs de la nature du gaz et des dimensions du tube. Enfin, au-dessous d'une certaine pression, la décharge ne passe plus, quelle que soit la différence de potentiel. Il semble donc que l'électricité se transmette par les molécules du milieu isolant.

DISTRIBUTEUR. — Organe du télégraphe Baudot servant à transmettre les combinaisons du manipulateur.

DISTRIBUTION DE L'ÉLECTRICITÉ. — Se dit de la distribution de l'électricité dans les corps électrisés, et aussi de l'action de répartir l'énergie électrique sur divers points où elle doit être utilisée d'une manière quelconque.

I. Distribution de l'électricité dans les corps électrisés. — *Distribution sur les conducteurs électrisés.* — L'expérience montre que : ***dans un conducteur en équilibre, toute l'électricité est sur la surface extérieure.***

On démontre cette loi par un grand nombre

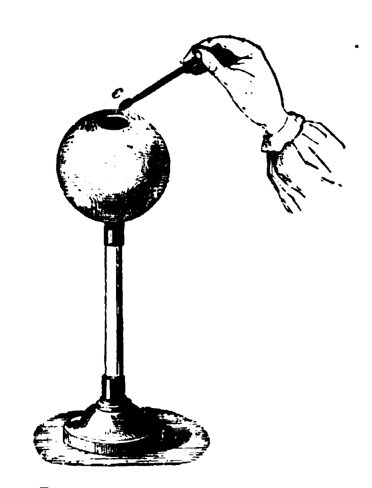


Fig. 215. — Sphère et plan d'épreuve.

d'expériences. Ainsi, en touchant successivement avec un plan d'épreuve les surfaces intérieure et extérieure d'une sphère électrisée et isolée (fig. 215), et portant ensuite le plan d'épreuve, en guise de boule fixe, dans une balance

de Coulomb, on trouve qu'il ne s'est électrisé qu'au contact de la surface extérieure. De même, si l'on recouvre un instant une sphère électrisée

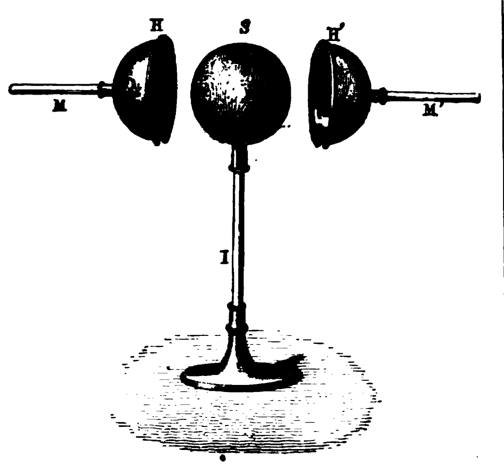


Fig. 216. — Sphère de Cavendish et hémisphères mobiles.

avec deux hémisphères isolés (fig. 216) en contact avec elle, elle leur cède toute son électricité et n'en garde aucune trace.

Faraday électrisait un cône d'une étoffe légère et conductrice (fig. 217), et montrait à l'aide du plan d'épreuve que toute l'électricité était sur la surface extérieure; puis il retournait rapidement l'étoffe en tirant le fil de soie intérieur et montrait de la même façon que l'électricité avait passé entièrement sur la nouvelle surface extérieure.

La surface du conducteur, au lieu d'être continue, peut même présenter des ouvertures assez grandes ou être constituée par de larges mailles, sans que le théorème précédent cesse d'être vrai. Faraday l'a montré en s'enfermant avec des instruments très sensibles dans une grande cage isolée à parois conductrices. La cage fut chargée avec une machine très puissante, sans qu'on pût constater la moindre trace d'électricité à l'intérieur.

Distribution de la couche superficielle. — La distribution de la couche électrique sur la surface d'un conducteur n'est jamais uniforme, si ce n'est dans dans le cas d'une sphère; pour tout autre conducteur, la densité varie d'un point à un autre. Coulomb a étudié cette distribution à l'aide d'un plan d'épreuve (voy. ce

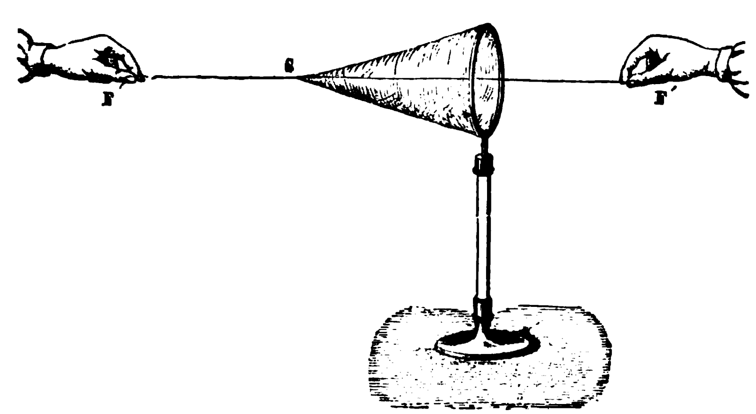


Fig. 217. — Sac de Faraday.

mot), qu'il mettait en contact successivement avec les divers points de la surface; puis il le portait, en guise de boule fixe, dans la balance de torsion, dont la boule mobile avait une charge constante. La torsion nécessaire pour maintenir les deux boules à une distance fixe est évidemment proportionnelle à la charge du plan d'épreuve, et par suite à la densité du point touché. On pourrait encore porter le plan d'épreuve dans le cylindre de Faraday, sans le toucher; ce cylindre communiquant avec un électromètre, la déviation de cet instrument ferait connaître la charge du plan d'épreuve.

Coulomb a constaté que la distribution n'est uniforme que sur la sphère. Sur un ellipsoïde, la couche électrique, si on la regarde comme homogène et d'épaisseur variable, serait limitée par un ellipsoïde semblable au premier et semblablement placé. D'une manière générale, l'électricité se porte surtout aux points où le rayon de courbure est le plus petit, c'est-à-dire sur les parties les plus pointues. Ainsi, sur un disque, la densité, faible et sensiblement uniforme sur toute la partie centrale, augmente rapidement vers les bords. De là résultent les propriétés des pointes.

Distribution dans les corps isolants. — Les résultats qui précèdent ne s'appliquent pas aux diélectriques. Remarquons d'abord qu'on peut déposer une couche électrique sur une partie de la surface sans qu'elle se répande sur le reste : on peut le vérifier facilement avec un gâteau de résine, qu'on touche en un point avec un corps électrisé, et sur lequel on projette une poudre, qui s'attache seulement à la partie électrisée. De plus, l'électricité pénètre à l'intérieur de ces corps : si l'on met un bâton de résine en contact avec une machine de Ramsden, puis qu'on le frotte avec une peau de chat, la couche négative ainsi développée disparaît bientôt et est remplacée par la première couche positive, qui revient à la surface; on le reconnaît en projetant un mélange de soufre et de minium. (Voy. FIGURES DE LICHTENBERG.)

II. **Distribution de l'énergie électrique.** — Au lieu de produire l'électricité en chaque point où elle doit être utilisée, il est plus économique de le faire dans une *station centrale*, qui la *distribue* à tous les abonnés, suivant leurs besoins. Cette distribution peut se faire de plusieurs manières.

Le plus souvent, on emploie une *distribution directe :* de la station partent des conducteurs, qui portent le courant aux divers appareils destinés à l'utiliser, et que nous appellerons d'une manière générale les récepteurs; le tout forme un circuit fermé. Chacun des récepteurs doit recevoir pour fonctionner une certaine quantité d'énergie, représentée par le produit de l'intensité du courant par la différence de potentiel aux bornes du récepteur. L'intensité et la différence de potentiel varient d'ailleurs en général d'un récepteur à un autre, de sorte que le problème est fort compliqué. Pour le simplifier, on s'arrange souvent de manière que tous les appareils qui doivent être excités par un même générateur fonctionnent soit avec la même intensité, soit avec la même différence de potentiel. De là deux procédés relativement simples de distribution.

Distribution en série ou en tension. — Supposons d'abord que tous les récepteurs exigent la même intensité : il suffit alors de les disposer en série, c'est-à-dire à la suite les uns des autres sur un circuit unique aboutissant aux deux pôles de la dynamo. Mais ce système n'est pas sans inconvénients. Si l'un des récepteurs ne fonctionne pas, il semble naturel de le remplacer par une résistance équivalente; l'intensité reste constante et le fonctionnement des autres récepteurs n'est pas altéré; mais il en résulte que la dynamo doit toujours marcher à la même vitesse, et par suite absorber le même tr[avail] moteur, quel que soit le nombre des app[areils] en service, ce nombre fût-il zéro. Il es[t clair] que, dans cette disposition, le rendem[ent est] d'autant plus faible qu'il y a un plus petit [nom]bre de récepteurs fonctionnant, ce qui est [évi]demment défavorable au point de vue é[cono]mique.

Les résistances équivalentes aux récep[teurs] peuvent être disposées près de la mach[ine]; on les introduit à la main, aucune dispo[sition] automatique n'ayant réussi jusqu'à présent. [Ces] résistances doivent être placées dans le c[ircuit] même des inducteurs, si la machine est [excitée] en série ou par une excitatrice, en dérivation [sur] ce circuit si la machine est elle-même excit[ée en] dérivation.

Une autre solution consiste à mettre [sim]plement en court circuit le récepteur qui n'est [pas] en service, en le remplaçant par une rési[stance] négligeable, mais faire en même temps d[imi]nuer la force électromotrice de la dynam[o de] manière à compenser la diminution de r[ésis]tance et à empêcher l'intensité d'augmenter [plus ou] moins d'une manière sensible.

Cette variation de force électromotrice [peut être] obtenue de différentes manières, par ex[emple] en faisant varier le calage des balais, co[mme] dans la machine Thomson-Houston. M. M[...] emploie une machine à excitatrice, et a[git sur] les balais de l'excitatrice. Ces balais sont m[ontés] sur une armature mobile, commandée p[ar un] levier, qu'un ressort écarte d'un électro-ai[mant] parcouru par le courant induit. Lorsque le [cou]rant vient à augmenter, l'électro attire le l[evier] malgré le ressort, et les balais s'écartent d[e leur] position normale, ce qui affaiblit le courant [ex]citateur.

M. Marcel Deprez excite la génératrice à la [fois] par une dérivation et par une machine [exci]tatrice.

Enfin, M. Cabanellas se servait de plus[ieurs] machines identiques, tournant à la m[ême] vitesse, et montées en série. Un commutat[eur] automatique réglait le nombre des mach[ines] en circuit, de manière à maintenir l'inten[sité] constante.

Le système de distribution en série a l'ava[n]tage d'être très simple et de n'employer [que] des courants peu intenses, et par suite de [ne] pas nécessiter de très gros conducteurs; il [est] donc assez économique, surtout lorsque [les] récepteurs sont éloignés de la station. Il a l'[in]convénient de ne pas assurer l'indépendance des récepteurs.

Distribution en dérivation ou en quantité ou à férence de potentiel constante. — Dans ce sysne, l'intensité est variable, mais la différence potentiel aux bornes de la dynamo reste nstante. De ces bornes partent des circuits nombre égal à celui des récepteurs, de sorte e chacun d'eux ne contient qu'un appareil. différence de potentiel est donc la même x deux bouts de chaque circuit, mais l'innsité peut être différente dans chacun d'eux, ivant leur résistance. Dans la génératrice, ntensité est égale à la somme des intensités ıns toutes les dérivations. Les récepteurs doint être disposés pour marcher sous la même fférence de potentiel, en tenant compte cendant de la chute qui se produit dans les nducteurs de chaque circuit.

Dans ce système, les récepteurs sont indéendants. Si l'on met l'un deux au repos en le mplaçant par une résistance équivalente, rien est changé dans les autres circuits; mais il y à faire les mêmes remarques que pour la stribution en série. Si, en arrêtant un récepur, on coupe le circuit correspondant, il en sultera une diminution dans l'intensité totale un accroissement dans celle de chaque dériation. L'effet inverse se produira si on met appareil non en service en court circuit, en le mplaçant par une résistance négligeable. Dans us les cas, il faut, comme dans la distribution ı série, remédier aux changements produits ar la suppression d'un ou de plusieurs récepurs, mais de manière à maintenir constante différence de potentiel aux bornes de la maaine. On y arrive par des procédés analogues ceux décrits pour la distribution en série.

M. Edison a appliqué le premier la distribution n quantité dans l'usine de Pearl Street à New-'ork. La dynamo est excitée en dérivation, et ette dérivation contient aussi un rhéostat cirulaire manœuvré à la main, et qui permet d'inroduire jusqu'à 180,000 ohms. Une autre dériation du circuit principal contient un galvaıomètre Thomson et une batterie étalon de 10 volts, disposée de manière que son courant oit, dans le galvanomètre, opposé à celui de a dynamo. L'ouvrier chargé de la manœuvre lu rhéostat surveille le galvanomètre : tant ju'il reste au zéro, c'est que la différence de otentiel donnée par la machine est exactement 110 volts; dès qu'il est dévié, la graduation de l'échelle fait connaître le nombre d'ohms qu'il faut ajouter ou retrancher dans le circuit des inducteurs.

Dans la distribution en quantité, il n'est pas indispensable que tous les circuits partent des bornes mêmes de la machine ; en général la division ne commence qu'au voisinage des récepteurs, et le courant total est amené jusqu'en ce point par un conducteur principal, de diamètre convenable. On comprend que, l'intensité dans ce conducteur étant égale à la somme des intensités dans toutes les dérivations, les conducteurs principaux doivent être de fort diamètre, ce qui augmente beaucoup la dépense. En outre, on est forcé de limiter beaucoup leur longueur; sinon leur résistance absorbe une énergie considérable ; dans la pratique, on ne peut guère dépasser un rayon de 500 à 600 mètres autour de l'usine.

Pour diminuer la dépense des conducteurs, M. Edison a proposé un système de distribution à trois fils, que nous décrirons plus loin (voy. MONTAGE DES LAMPES). Il a indiqué en outre une combinaison qui permet d'étendre sans inconvénient la distribution à une plus grande distance.

Distributions diverses. — Il existe bien d'autres modes de distribution, qui sont généralement des modifications du précédent. Nous en donnerons un certain nombre d'exemples à l'article MONTAGE DES LAMPES.

Distributions indirectes. — Dans les distributions indirectes, l'énergie est répartie par l'intermédiaire d'accumulateurs ou de transformateurs.

Un premier procédé consiste à charger à la station centrale des accumulateurs qu'on porte ensuite chez les abonnés. Ce système est peu pratique, à cause du poids des accumulateurs, et d'autant plus coûteux que ces appareils, fréquemment transportés, s'usent très vite. Il ne convient donc qu'à des installations provisoires, ainsi que nous l'avons indiqué plus haut (voy. ACCUMULATEUR).

On peut au contraire obtenir de bons résultats en laissant les accumulateurs à poste fixe ; on les emploie alors de deux manières, qui rentrent toutes deux dans les distributions en quantité. On peut disposer des batteries d'accumulateurs sur le circuit partant de l'usine, de manière à former pour ainsi dire autant de stations secondaires, de chacune desquelles part un circuit contenant un certain nombre de récepteurs. Chacune de ces stations possède deux batteries qui sont alternativement en service : l'une alimente les récepteurs de son circuit, tandis que l'autre se charge par un courant de haute tension venant de l'usine centrale. Cette méthode a l'inconvénient de doubler le nombre

des accumulateurs et de perdre beaucoup d'énergie, toute celle qui est consommée par les récepteurs passant d'abord par les batteries. Le système Edmunds, usité en Angleterre, est fondé sur le principe précédent.

Il est plus avantageux de mettre les récepteurs et les batteries en dérivation sur le circuit principal (fig. 218). Lorsque les récepteurs

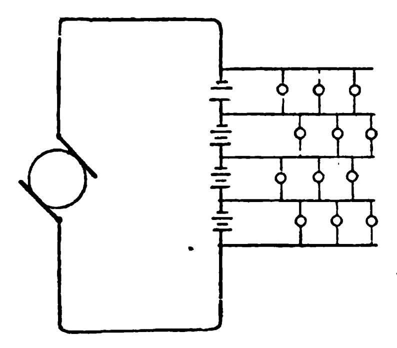


Fig. 218. — Distribution par accumulateurs.

ne consomment que peu d'énergie, une partie du courant de la dynamo traverse les accumulateurs, qui se chargent. Si le nombre des récepteurs en service augmente, les accumulateurs se joignent à la machine pour alimenter le réseau. La machine fournit donc toujours aux récepteurs au moins une partie du courant directement, et la perte d'énergie est plus faible; en outre le nombre d'accumulateurs est plus petit. Ce système a été adopté par M. Crompton, M. Monnier et M. de Khotinsky.

Tout récemment, M. de Montaud, prenant pour base le cahier des charges imposé par la ville de Paris pour la distribution de l'électricité, a étudié la distribution dans un secteur entier, en utilisant les accumulateurs comme *transformateurs distributeurs*. Ce système se rapproche du précédent.

D'après le calcul de M. de Montaud, le système qu'il propose réduirait les frais d'installation de près de 50 p. 100.

Nous signalerons enfin les distributions indirectes par l'intermédiaire de transformateurs secondaires. Les transformateurs (voy. ce mot), placés en divers points du réseau, reçoivent un courant de haute tension, de sorte que la perte d'énergie est faible, et le transforment en courants de basse tension et de grande intensité, susceptibles d'être envoyés avantageusement dans les récepteurs.

DISTRIBUTION DU MAGNÉTISME DANS LES AIMANTS. — Voy. Aimant.

DORURE GALVANIQUE. — De la Rive parvint le premier, en 1840, à dorer le cuivre, le laiton et l'argent en décomposant par un courant très faible une dissolution très étendue de chlorure d'or; les procédés presque identiques découverts par Elkington (septembre 1840) et par Ruolz (1841) remplacèrent bientôt cette première méthode.

La dorure galvanique se fait dans les appareils ordinaires (voy. Argenture et Galvanoplastie).

La pièce est d'abord décapée avec soin par les procédés ordinaires (voy. Électrochimie) puis portée dans le bain.

Les bains sont ordinairement formés par du cyanure d'or dissous dans un excès de cyanure de potassium. Voici deux formules qui conviennent parfaitement.

Bain Roseleur, pour la dorure à froid des grandes pièces :

Eau distillée..................	10 litres.
Cyanure de potassium pur.... (ou cyanure à 75 % : 300 gr.)	200 gr.
Or vierge transformé en chlorure neutre................	100 gr.

Bain Roseleur, pour la dorure à chaud des petites pièces :

Eau distillée..................	10 litres.
Bisulfite de soude............	100 gr.
Cyanure de potassium pur....	10 gr.
Phosphate de soude cristallisé.	600 gr.
Or vierge transformé en chlorure neutre................	10 gr.

Cette formule convient bien à la dorure rapide de l'argent, du cuivre et de ses alliages. Pour dorer la fonte, le fer, l'acier directement, sans cuivrage préalable, il vaut mieux prendre :

Eau distillée..................	10 litres.
Bisulfite de soude............	125 gr.
Cyanure de potassium pur....	5 gr.
Phosphate de soude...........	500 gr.
Or vierge transformé en chlorure neutre................	10 gr.

« On peut dorer directement le cuivre et ses alliages, l'argent, le zinc, le fer, la fonte et l'acier. Cependant il est préférable de recouvrir d'abord l'argent et les autres métaux d'une couche de cuivre.

« Le dépôt se produit à chaud ou à froid. La difficulté de chauffer des bains de quelque importance fait préférer la dorure à froid pour les gros objets, tels que pendules et candélabres; mais la dorure à chaud prend une couleur plus vive et, à égale quantité d'or, elle est plus solide.

« On fait usage d'une anode d'or vierge, soutenue par des fils de platine. Comme cela se produit pour un grand nombre de dépôts, l'anode ne peut se dissoudre assez rapidement pour entretenir la richesse du bain. Il faut ajouter de temps en temps soit de l'oxyde d'or, soit du chlorure d'or, et même un peu de cyanure de potassium. On doit retirer l'anode quand le bain ne fonctionne pas, car elle continuerait à se dissoudre.

« La dorure à froid doit se faire aussi lentement que possible, à l'aide d'un courant faible. Un courant trop fort donne une teinte rouge ou même noire ; un courant convenable, une dorure jaune.

« Quand on opère à chaud, on porte le bain à une température comprise entre 50° et 80° C. On prend une anode insoluble, en platine, et on suspend les objets à un crochet que l'on tient à la main et que l'on agite. La dorure s'effectue très rapidement ; elle est suffisante après quelques minutes. Le courant doit être faible. On emploie le bain jusqu'à ce qu'il soit épuisé, puis on en fait un autre, sans le *remonter*.

« La dorure, surtout celle à chaud, peut présenter, avec un même bain, plusieurs colorations différentes dues à des agrégations différentes de la couche. Ainsi on modifie la nuance en faisant plonger dans le bain une plus ou moins grande quantité de l'anode de platine. Avec une petite surface d'anode, on a une couleur pâle ; une anode de plus grande surface donne une couleur de plus en plus foncée.

« Quand la dorure est terminée, on donne à l'objet une belle couleur d'or au moyen d'une bouillie appelée or moulé et composée de :

Alun	30	parties.
Azotate de potasse	30	—
Ocre rouge	30	—
Sulfate de zinc	8	—
Sel marin	1	—
Sulfate de fer	1	—

« Cette pâte est appliquée sur la dorure à l'aide d'une brosse, puis on chauffe l'objet sur une plaque de fer jusqu'à ce qu'il devienne presque noir, et on lave à l'eau froide. On procède enfin au brunissage. » (Bouant, *La Galvanoplastie*.)

Ors de couleur. — En ajoutant aux bains d'or des solutions de cuivre ou d'argent, faites dans diverses proportions, on obtient des colorations variant depuis la nuance rouge de cuivre jusqu'à la teinte blanche de l'argent et désignées sous les noms d'or jaune, or rouge, or vierge, or rose, or nouveau, or défleuri, or vert, or blanc, etc.

On procède souvent par tâtonnement. Pour les dépôts d'or vert, on place dans un bon bain d'or une anode soluble d'argent pur ; on fait passer le courant et l'on attend que le métal déposé au pôle négatif ait la couleur cherchée. On remplace alors la lame d'argent par une plaque d'or vert, et le bain est prêt à être employé.

Pour l'or rouge, on peut opérer de même en prenant d'abord une anode de cuivre pur, et la remplaçant ensuite par une plaque d'or rouge. On peut aussi mélanger en proportions convenables un bain de cuivrage rouge à un bain d'or ordinaire ; mais ce procédé est inférieur au premier.

Enfin le dépôt d'or rose exige trois couches successives, obtenues avec des bains de composition différente.

DOSOMÈTRE ÉLECTROLYTIQUE. — Instrument destiné à indiquer l'intensité d'un courant dans les applications médicales.

DOUBLE EXCITATION. — Mode d'excitation d'une machine dont les inducteurs sont munis de deux circuits, dont l'un reçoit le courant de la machine elle-même, l'autre celui d'une excitatrice.

DROMOSCOPE. — Instrument inventé par M. le commandant Fournier, et destiné à corriger les indications de la boussole marine.

DUEL ÉLECTRIQUE. — Application de l'électricité aux jeux de théâtre. Deux adversaires croisent le fer (fig. 219) ; il sont en rapport avec une pile Trouvé ; chaque combattant porte une cuirasse qui forme, avec l'épée, les deux pôles de la pile.

Lorsque les deux épées se rencontrent, il jaillit du fer de chaque adversaire une myriade d'étincelles d'un pittoresque effet, et, quand l'une des lames touche la cuirasse de l'adversaire, une puissante lumière projette des rayons éclatants pendant toute la durée du contact.

DUPLEX. — Mode d'installation permettant à deux postes télégraphiques d'échanger en même temps des dépêches dans les deux sens à l'aide d'un seul fil de ligne. (Voy. Transmission simultanée.)

DUPLICATEUR. — Appareil permettant de doubler un certain nombre de fois la charge primitivement donnée à un plateau métallique par l'influence d'autres plateaux qu'on déplace et qu'on fait communiquer alternativement avec le sol. Bennet, puis Darwin et Nicholson (1787-1788), inventèrent successivement des

duplicateurs. Ces instruments sont fondés sur le même principe que l'électrophore, le *replenisher* de sir W. Thomson et les machines électrostatiques à influence de Holtz, Carré, Wimshurst, etc.

DYNAMIQUE (ÉLECTRICITÉ). — Partie de l'électricité où l'on étudie les effets des courants.

DYNAMO. — Abréviation souvent employée pour désigner les machines dynamo-électriques.

DYNAMO-ÉLECTRIQUE (MACHINE). — Machine d'induction dans laquelle le champ magnétique est produit par des électro-aimants. (Voy. MACHINES D'INDUCTION.)



Fig. 219. — Duel électrique.

DYNAMOGRAPHE ÉLECTRIQUE. — Dynamomètre muni d'un enregistreur électrique qui inscrit ses indications sur une bande de papier se déroulant d'un mouvement uniforme.

DYNAMOMÈTRE. — Appareil servant à mesurer l'intensité d'une force ou le travail d'une machine. Les dynamomètres sont souvent employés pour mesurer le rendement des machines d'induction.

DYNE. — Unité C.G.S. de force. C'est l'intensité d'une force constante, capable d'imprimer à l'unité de masse une accélération de 1 centimètre en une seconde.

E

ÉBONITE. — L'*ébonite* ou *caoutchouc durci* se prépare en ajoutant au caoutchouc une proportion de soufre plus grande que pour le vulcaniser.

On plonge pendant quarante-huit heures du caoutchouc de qualité inférieure dans de l'eau à 50°, on le lamine et on le réduit en pulpe, pendant qu'un courant d'eau entraîne les matières étrangères. La pâte est séchée, puis mélangée intimement avec 50 p. 100 de soufre en canon finement pulvérisé. On réduit en lames d'épaisseur variable et l'on place dans un cylindre en tôle qu'on porte graduellement, par une circulation de vapeur surchauffée, jusqu'à 135°; on maintient cette température pendant sept à huit heures, puis on laisse refroidir.

L'ébonite a une couleur d'un noir plus ou moins foncé, une dureté et une élasticité comparables à celle de la corne et de la baleine; elle se laisse travailler au tour et prend un beau poli.

Elle est très employée comme isolant. Avec le temps le soufre s'oxyde à l'air; elle devient cassante, poreuse, retient les poussières et isole beaucoup moins bien.

Additionnée de matières colorantes, telles que le vermillon ou le sulfure d'antimoine, elle prend le nom de *vulcanite*.

ÉCHAUFFEMENT DES CONDUCTEURS. — 1° *Par les courants.* — Un conducteur traversé par un courant s'échauffe jusqu'à ce que la chaleur perdue par rayonnement en chaque seconde soit égale à la chaleur fournie par le courant. En admettant que la loi de Newton représente le refroidissement, la chaleur perdue par seconde est $2\pi r l e \theta$, en appelant r le rayon du fil, l sa longueur, e son pouvoir émissif, et θ l'excès de sa température sur celle du milieu ambiant. D'autre part, si ρ est la résistance spécifique du fil, I l'intensité du courant, et J l'équivalent mécanique de la chaleur, 4,17, la chaleur absorbée est, d'après la loi de Joule, $\frac{\rho l}{J \pi r^2} I^2$. On a donc

$$2\pi r l e \theta = \frac{\rho l}{J \pi r^2} I^2,$$

d'où

$$\theta = \frac{\rho}{2 J \pi^2 e r^3} I^2.$$

On peut donc calculer facilement l'excès de température que prendra le fil sous l'action du courant.

Loi de Joule. — Joule a trouvé expérimentalement que : *L'énergie calorifique dégagée sur un conducteur dans l'unité de temps est égale au produit du carré de l'intensité par la résistance du condenseur.*

L'énergie dégagée est donc rI^2 ou eI, dans un conducteur de résistance r et traversé par un courant d'intensité I, la différence de potentiel aux extrémités de ce conducteur étant e. Par suite le nombre Q de calories dégagé est

$$JQ = rI^2 = eI.$$

2° *Par les décharges.* — Un fil traversé par la décharge d'une machine s'échauffe. La quantité de chaleur correspondant à une décharge est constante, quel que soit le conducteur qu'elle traverse. Si celui-ci se compose de deux parties, la chaleur totale se divise proportionnellement aux résistances de ces deux parties. Si M est la quantité d'électricité et V la différence de potentiel, l'énergie dépensée est $\frac{1}{2}$ MV et le nombre de calories Q est donné par

$$JQ = \frac{1}{2} MV,$$

J étant l'équivalent mécanique 4,17.

L'échauffement θ du fil sera

$$\theta = \frac{Q}{pc} = \frac{Q}{sldc}$$

p étant le poids du fil, c sa chaleur spécifique, d sa densité, l sa longueur, s sa section.

La chaleur dégagée dans les décharges a été mesurée à l'aide du thermomètre de Riess (Voy. ce mot).

ÉCLAIR. — Décharge lumineuse qui se produit entre deux nuages electrisés. Arago (*Notice sur le tonnerre*) a divisé les éclairs en trois classes. Les premiers sont constitués par des traits de feu à bords bien nets, généralement en zigzag, rappelant, aux dimensions près, les décharges de nos machines électriques; ils sont accompagnés d'un bruit qu'on appelle le *tonnerre*. La seconde classe contient des éclairs vagues, des lueurs dues à des éclairs cachés par des nuages ou à des décharges partielles entre les nuages. Ils ne sont accompagnés d'aucun bruit. Tels sont les *éclairs de chaleur*. Enfin la troisième classe comprend les *éclairs en boule*, phénomène assez rare et mal connu. A l'aide de sa batterie secondaire, Planté a obtenu des décharges à haute tension qui rappellent le tonnerre en boule.

La distance d'un éclair à l'observateur peut se calculer facilement en multipliant le temps qui s'écoule entre l'apparition de la lueur et le bruit du tonnerre par la vitesse du son dans l'air : 340 mètres environ. Si l'on mesure en même temps le diamètre apparent de l'éclair, on pourra obtenir sa vraie longueur. On trouve ainsi que les éclairs de la première classe peuvent atteindre 12 à 15 kilomètres de longueur. On peut s'expliquer cette dimension extraordinaire en remarquant que ces éclairs sont dus généralement à une série d'étincelles se produisant à la fois entre un certain nombre de nuages électrisés, comme cela a lieu dans les tubes étincelants. D'ailleurs la raréfaction de l'air à cette hauteur doit augmenter la distance explosive, et l'on sait qu'à partir d'une certaine limite cette distance croît beaucoup plus vite que la différence de potentiel.

L'existence de la foudre globulaire est contestée encore par un grand nombre d'électriciens. G. Planté pense qu'elle est due à des décharges de haute tension, et par suite qu'elle se produit seulement dans les grands orages. Les globes observés seraient formés « d'air raréfié incandescent et des gaz résultant de la décomposition de la vapeur d'eau, également à l'état de raréfaction et d'incandescence. » Il a

pu, en effet, à l'aide de puissantes batteries formées de 800 couples secondaires, reproduire des globules analogues à la surface de l'eau ou même d'une plaque de métal. La figure 220 montre l'aspect de ces expériences. L'électrode positive était plongée d'avance dans l'eau distillée ; on approchait le fil négatif de la surface et, le relevant aussitôt, on observait une flamme



Fig. 220. — Expériences de G. Planté sur les éclairs en boule.

jaune, presque sphérique, de 2 centimètres environ de diamètre. Des points lumineux bleus, disposés en cercles concentriques, des rayons de même couleur, apparaissaient à la surface de l'eau et prenaient un mouvement giratoire dans un sens ou dans l'autre. Des anneaux concentriques étaient ordinairement le dernier terme de ces curieuses transformations, que l'auteur compare à un véritable kaléidoscope électrique.

Quelle que soit leur forme, les éclairs paraissent avoir toujours une durée appréciable; mais ce n'est là qu'une illusion d'optique due à la persistance des impressions sur la rétine. Wheatstone a constaté que cette durée est toujours inférieure à un millième de seconde. Il en est de même pour les étincelles des machines et des batteries.

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE. — Bien que l'arc voltaïque ait été produit par Davy dès le commencement de ce siècle, c'est seulement depuis un petit nombre d'années que l'éclairage électrique a pris un certain développement. Les appareils servant actuellement à l'éclairage électrique sont les lampes à arc, les bougies et les lampes à incandescence. Le lecteur trouvera aux articles BOUGIE et LAMPE la description de ces divers appareils et aux articles ARC VOLTAÏQUE, INCANDESCENCE, LUMIÈRE, l'explication de ces modes d'éclairage et un certain nombre de généralités.

Inconvénients et avantages de l'éclairage électrique. — Les seuls inconvénients sérieux sont la difficulté de produire la lumière électrique et, dans certains cas, son prix de revient fort élevé. Ils disparaîtront complètement, lorsque nous aurons des usines centrales distribuant l'électricité à domicile comme on le fait pour l'eau et le gaz, et qu'il suffira de presser sur un bouton ou de tourner un commutateur pour voir les lampes s'allumer.

La lumière électrique possède de nombreux avantages : il en est tout d'abord un qu'on ne peut nier, c'est l'intensité. Lorqu'on a besoin de foyers lumineux d'une très grande puissance, l'arc voltaïque fournit incontestablement le mode d'éclairage le plus économique. Il est même bien des cas où aucune source ne pourrait le remplacer et donner une intensité aussi grande. De plus l'éclairage électrique est celui qui, à lumière égale, dégage le moins de chaleur : il l'emporte de beaucoup à ce point de vue sur l'éclairage au gaz ; c'est là une qualité précieuse dans un grand nombre d'applications. Ajoutons aussi que les lampes à incandescence, grâce au globe qui les entoure, ne consomment aucune portion de l'oxygène de l'air ambiant.

Elles ont donc l'avantage inappréciable de ne pas vicier l'atmosphère, même lorsqu'elles sont en très grand nombre, et de n'y répandre ni fumée ni odeur désagréable, conditions très importantes au point de vue de l'hygiène, et aussi de ne pas salir les mobiliers et les tentures, comme le font souvent l'huile ou la bougie. L'éclairage électrique supprime aussi presque complètement les dangers d'incendie, d'explosion et d'accidents de toute sorte, qui sont si fréquents avec l'emploi des allumettes, du gaz, du pétrole, de l'essence minérale.

Ces précieuses qualités permettent de l'installer dans une foule de cas où l'on n'oserait pas recourir au gaz ou aux bougies, et de jouir d'une belle lumière en n'ayant qu'à presser un bouton.

On a souvent reproché à l'arc voltaïque sa couleur blafarde. En réalité c'est là un simple

effet de contraste: cette lumière se rapproche beaucoup plus que les autres de la lumière solaire et altère beaucoup moins les couleurs des objets. D'ailleurs les lampes à incandescence actuellement employées présentent une teinte plus jaune et parfaitement agréable à l'œil.

Les avantages que nous venons d'énumérer sont assez sérieux pour compenser dans bien des cas l'augmentation des dépenses. Ainsi que le disait, en 1886, M. Preece, dans une conférence faite à la Société des Arts de Londres : « Si nous mettons en regard de ce supplément de dépense la valeur d'une lumière fixe, de la pureté de l'air, de la suppression de la chaleur, des allumettes, de la bougie et de l'huile, le bien-être des gens, la conservation des peintures, des motifs de décoration et des livres, la propreté, la gaieté, la santé, la prolongation de l'existence, il n'y a pas à chercher de quel côté doit pencher la balance. »

Prix de revient de l'éclairage électrique. — Le prix de revient de l'éclairage électrique varie énormément d'une installation à l'autre; nous ne pouvons donner ici que quelques renseignements généraux.

Avec les piles, la dépense est très grande. Il en est encore de même lorsqu'on installe un moteur et une dynamo pour alimenter un très petit nombre de lampes. Mais plus le nombre des foyers est considérable, plus il y a d'avantage, et les grandes installations de lumière électrique sont beaucoup plus économiques que l'emploi du gaz. On retrouve encore la même économie dans les usines où l'on dispose d'avance d'un moteur hydraulique ou à vapeur; il ne coûte alors presque rien de prendre sur l'arbre de transmission quelques chevaux pour l'éclairage. Il est évident que tout le monde jouira des mêmes avantages le jour où la distribution de l'électricité à domicile sera réalisée.

Nous citerons encore les chiffres donnés par M. Decker, à la suite d'une étude sérieuse sur les dépenses de toute nature occasionnées par l'éclairage électrique; voici le prix par heure, tous frais payés, d'un éclairage de 16 bougies fourni par une lampe à incandescence.

Avec un moteur hydraulique :

3000 heures d'éclairage par an....	0fr,016

Avec un moteur à vapeur déjà installé :

500 heures d'éclairage par an....	0fr,051
1200 — —	0 ,035
3000 — —	0 ,023

Avec un moteur à vapeur installé exprès :

500 heures d'éclairage par an....	0fr,111
1200 — —	0 ,064
3000 — —	0 ,037

Avec un moteur à gaz :

500 heures d'éclairage par an....	0fr,128
1200 — —	0 ,091
3000 — —	0 ,051

Nous devons faire remarquer que ces prix sont établis pour une installation de 150 lampes et qu'ils devraient être réduits de 30 p. 100 pour une installation qui dépassserait 500 lampes.

Dans une conférence faite le 15 octobre 1889, au palais du Trocadéro, M. Hippolyte Fontaine, président du syndicat international des électriciens, a donné les renseignements suivants. A Paris, la puissance d'un cheval-vapeur coûte environ 0 fr. 40 par heure avec une machine à vapeur pour les petites installations. Cette puissance pouvant alimenter 8 lampes de 16 bougies, on trouve, en doublant cette somme pour l'entretien et l'amortissement, que la lampe de 16 bougies coûte environ 0 fr. 10 par heure. Avec un moteur à gaz, il faudrait doubler ce prix. D'autre part, les dépenses de premier établissement sont en général d'environ 100 fr par lampe, dont moitié pour l'usine proprement dite et moitié pour la canalisation et les accessoires. Ces prix peuvent descendre à 80 fr. pour l'installation et 0 fr. 03 ou 0 fr. 02 pour la dépense horaire. Avec les lampes à arc, la dépense est encore plus faible.

A Paris, le prix de revient de l'éclairage au gaz serait un peu plus élevé : une lumière de 16 bougies exige 200 litres de gaz à l'heure et coûte 0 fr. 06.

Cependant, d'après M. Fontaine, l'éclairage au gaz serait généralement un peu moins cher. « Les compagnies gazières, établies depuis de longues années dans toutes les grandes cités françaises, ont amorti tout ou presque tout leur matériel, de sorte que le gaz ne leur revient guère qu'à quelques centimes le mètre cube; on prétend même que, dans quelques localités, il ne coûte absolument rien. Dans ces conditions, les électriciens qui veulent faire la concurrence à égalité de prix courent à un échec certain, car, dès qu'ils sont installés, avant même qu'ils aient des abonnés, les sociétés gazières baissent notablement le prix du gaz.

« La lumière électrique, dans les habitations privées, est une lumière de luxe, extrêmement commode à employer, très hygiénique, offrant au consommateur des avantages de premier

ordre moyennant un léger supplément de prix ; voilà le vrai terrain où doit se placer la nouvelle industrie si elle veut se développer et prospérer. »

Éclairage électrique des appartements et des maisons particulières. — L'éclairage des appartements et des petites installations est celui qui présente actuellement le plus de difficultés.

La seule solution pratique dans ce cas est la création de *stations centrales* fournissant l'électricité à domicile, comme on nous fournit aujourd'hui l'eau et le gaz. Ce système, assez répandu en Amérique, l'est encore bien peu en France. Nous en donnerons cependant plus loin quelques exemples. Mais, dans la plupart des cas, on est réduit à produire soi-même l'électricité. Examinons donc quelles sont les sources qui conviennent le mieux.

Les piles ne fournissent qu'une solution assez défectueuse, car elles présentent toujours quelque inconvénient. Celles du genre Leclanché, qui ont l'immense avantage de ne pas s'user à circuit ouvert, ont le défaut de se polariser très vite ; elles ne peuvent donc servir qu'à un éclairage de quelques minutes, par exemple pendant le temps nécessaire pour se procurer de la lumière, chercher un livre, etc. ; mais au bout d'un quart d'heure elles se polarisent sensiblement, et la lampe faiblit; elles ne conviennent donc qu'à un éclairage tout à fait intermittent.

Les piles au bichromate peuvent donner pendant quelques heures un débit abondant et à peu près constant : elles peuvent donc servir à alimenter quelques lampes pendant toute la soirée ; mais la nécessité de les recharger chaque jour et l'ennui de manipuler les acides les rendent peu commodes.

Quant aux piles de Daniell et aux piles à écoulement, qui s'usent à circuit ouvert, le seul moyen de s'en servir avec économie, c'est de les employer, en dehors des heures d'éclairage, à charger des accumulateurs, dont le courant s'ajoutera ensuite à celui de la pile pour actionner les lampes. Ce système mixte est du reste le meilleur pour une installation domestique : si l'on veut se servir des lampes pendant quatre heures chaque jour, on emploie la pile, pendant les vingt heures qui restent, à charger les accumulateurs, et l'on utilise à la fois, pendant les quatre heures de service, le courant de la pile et l'énergie qu'on a emmagasinée dans les accumulateurs. Nous n'avons pas besoin d'ajouter que cette disposition diminue sensiblement le nombre des éléments de pile nécessaires et qu'il n'y a aucune perte; en outre, il suffit de tourner un commutateur pour avoir de la lumière, sans qu'on ait besoin d'aller mettre la pile en marche à ce moment. Les accumulateurs, n'étant jamais déplacés, ne subissent pas de chocs et s'usent très lentement. C'est donc, nous le répétons, l'emploi simultané des piles et des accumulateurs qui peut fournir actuellement la meilleure solution pour l'emploi d'un petit nombre de lampes à incandescence. Malheureusement ces installations, qui peuvent être réalisées facilement, ont le défaut d'être fort coûteuses.

M. Salomon a imaginé une disposition intéressante dans le but d'obtenir un éclairage continu avec des piles Leclanché. On emploie six séries de piles qui fonctionnent à tour de rôle pendant trente secondes chacune et restent ensuite inactives pendant cent cinquante secondes, ce qui leur donne le temps de se dépolariser. Un mécanisme d'horlogerie produit toutes les trente secondes un déclenchement qui fait tourner un axe d'un sixième de tour et change les communications d'une manière convenable.

Lorsqu'on veut installer un grand nombre de lampes pour éclairer un vaste local, les piles ne peuvent plus convenir; leur emploi est trop coûteux; c'est aux machines magnéto ou dynamo-électriques qu'il faut s'adresser. Mais dans ce cas encore, il y a avantage à se servir d'accumulateurs qu'on charge pendant la journée et qu'on décharge le soir dans les lampes, soit seuls, soit en y joignant le courant direct de la machine, si c'est nécessaire. Cette disposition mixte offre encore un autre avantage : en effet, si l'on emploie une machine seule, il faut faire marcher le moteur pendant toute la durée de l'éclairage, que l'on allume toutes les lampes ou seulement un petit nombre; si l'on se sert d'accumulateurs, il est facile de calculer chaque jour la charge qu'on a dépensée la veille, d'après le nombre des lampes qui ont été allumées et la durée de l'éclairage, puis on fait marcher la machine pendant le temps nécessaire pour rendre aux accumulateurs une charge un peu supérieure à celle qu'ils ont perdue, afin de compenser les pertes et les erreurs possibles de calcul. L'emploi des accumulateurs permet encore souvent (Voy. ACCUMULATEUR) de remplacer la machine à vapeur par un moteur à gaz, qui est beaucoup plus commode et souvent plus économique, si l'on n'a pas besoin d'une grande force. Enfin, lorsque l'on emploie simultanément la machine et les accumulateurs pour alimenter les lampes, ceux-ci jouent

en quelque sorte le rôle de volant électrique, et empêchent les variations d'intensité lumineuse qui résulteraient de la marche irrégulière de la machine, du défaut de la transmission, des variations du travail résistant.

Enfin, les accumulateurs peuvent être employés comme source d'électricité dans quelques cas, d'ailleurs très restreints. Nous en avons donné des exemples (Voy. ACCUMULATEUR).

Quant aux lampes qui conviennent à l'éclairage privé, ce sont le plus souvent les lampes à incandescence, car ce sont celles qui se prêtent le mieux à la division de la lumière. Nous avons indiqué au mot APPAREILLAGE diverses dispositions destinées à l'éclairage des appartements.

Ajoutons enfin que l'on construit, pour l'éclairage des appartements, des lampes portatives (Voy. ce mot), qui ne paraissent pas donner jusqu'ici des résultats satisfaisants.

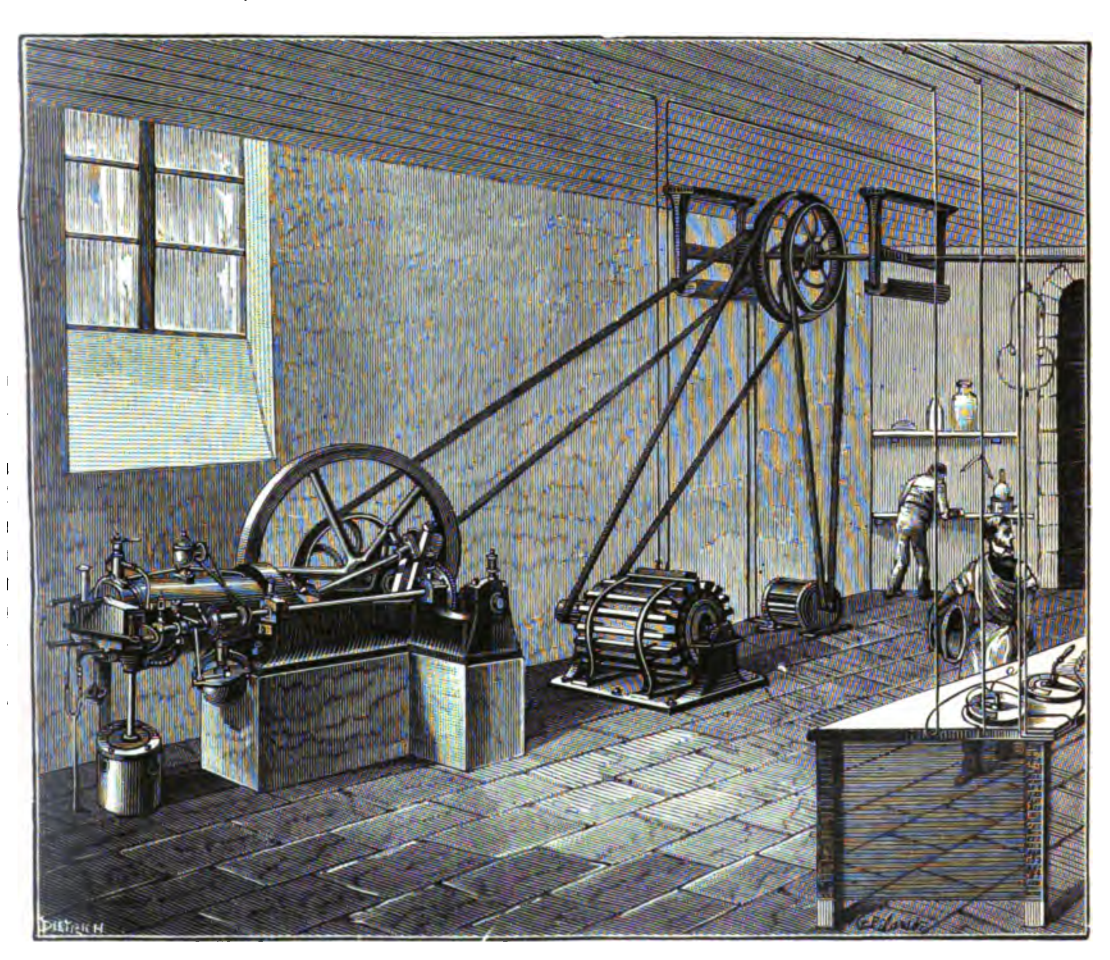


Fig 221. — Installation électrique du laboratoire municipal de Paris.

Malheureusement, ces installations privées sont encore actuellement fort coûteuses, ce qui en a, jusqu'à présent, réduit considérablement le nombre. Pour renseigner plus complètement le lecteur, nous citerons encore quelques chiffres. Un savant électricien anglais, M. Preece, a réalisé dans sa maison vers 1884 une installation très réussie, et qu'il a cherché à rendre aussi complète que possible. Cette installation comprend plus de 50 lampes, desservies par une petite machine Gramme et par 17 accumulateurs au plomb, et fonctionnant d'ordinaire environ par 12. La dépense totale a été d'environ 10,000 francs, ce qui fait plus de 800 francs par lampe en activité.

M. Gramme dépense environ 1,200 francs par an pour une installation comprenant à peu près 8 lampes allumées à la fois. L'entretien et le remplacement des accumula-

teurs causent plus de la moitié de la dépense.

Éclairage des laboratoires. — L'éclairage électrique convient admirablement aux laboratoires, pour lesquels la dépense (malheureusement cette condition est trop rarement réalisée), ne devrait être qu'une question secondaire.

Nous citerons comme exemple la disposition adoptée au laboratoire municipal de Paris, et qui est représentée par la fig. 221. Un moteur à gaz, système Otto, de la force de 4 chevaux, actionne une machine magnéto-électrique de Meritens et une petite machine dynamo du même constructeur; cette dernière est munie de deux anneaux de rechange, l'un pour la lumière, l'autre pour la galvanoplastie et les applications analogues. La grande machine peut alimenter trois foyers Jablochkoff; elle peut se grouper en quantité ou en tension, suivant qu'on veut actionner des bougies ou des lampes à incandescence. De chaque machine partent deux fils qui aboutissent à deux distributeurs placés sur la table de droite et qui permettent de travailler sur cette table ou d'envoyer le courant dans les autres salles. Sur les pieds de cette table est fixé un rhéostat formé d'un fil de fer étamé de 180 mètres de longueur, qui permet de faire varier la résistance du circuit; pour cela l'un des pôles est en communication permanente avec l'une des extrémités du fil de fer étamé, tandis que l'autre pôle peut s'accrocher à volonté à l'un des clous placés plus ou moins haut, afin d'intercaler dans le circuit une longueur plus ou moins grande de fil étamé.

Les salles de travail sont éclairées par des bougies Jablochkoff placées sur le circuit de la machine magnéto-électrique, qui est à courants alternatifs, les bureaux par des lampes à incandescence montées en dérivation. Ces dernières sont assez résistantes et exigent par suite une notable différence de potentiel entre les deux pôles : on a donc dû intercaler entre les bornes une résistance supplémentaire, qui s'obtient au moyen d'un rhéostat à baguettes de charbon. On peut intercaler à volonté autant de baguettes qu'on le désire et faire varier l'éclat des lampes du rouge sombre au blanc éblouissant. Des bornes sont disposées sur le circuit partout où l'électricité peut être nécessaire et reliées par des ponts en cuivre : en attachant des fils aux deux bornes qui terminent un pont, on peut prendre le courant total, si on supprime ce pont, ou seulement une dérivation, si on le laisse ou qu'on le remplace par une résistance. Dans tous les points où les conducteurs passent sur du bois ou sur d'autres matières facilement combustibles, ils sont entourés d'un tube métallique qui écarte tout danger d'incendie, dans le cas où l'enveloppe de gutta-percha viendrait à fondre ou à s'enflammer.

Outre l'éclairage général du laboratoire, l'électricité peut encore alimenter utilement de petits appareils destinés à faciliter les recherches scientifiques. Nous avons déjà décrit l'*auxanoscope*, qui sert aux projections, et nous indiquerons plus loin le *photophore*, destiné à l'éclairage du microscope. Nous signalerons ici un appareil imaginé par M. Trouvé et qui peut servir à éclairer les objets animés ou inanimés placés en suspension dans un liquide. Il se compose d'un réflecteur parabolique, argenté à l'intérieur (fig. 222), et portant à son foyer une lampe

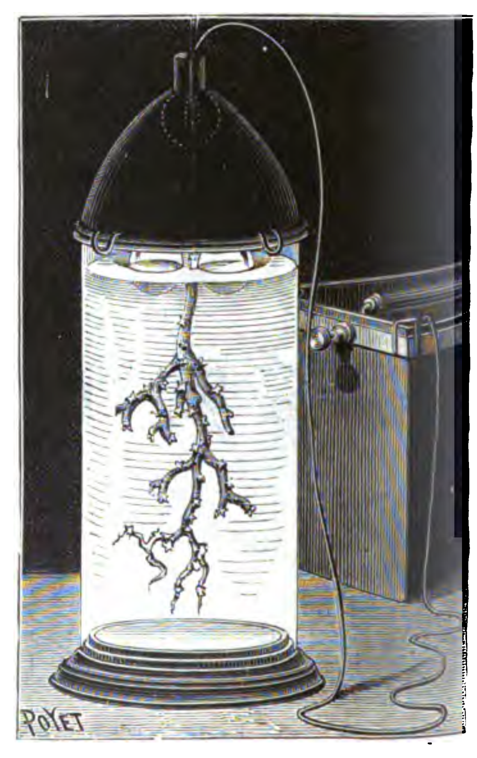


Fig. 222. — Appareil pour l'éclairage des liquides.

à incandescence que deux conducteurs, renfermés dans un câble souple, mettent en communication avec une pile. Le réflecteur se place au-dessus d'un vase cylindrique dont le fond est formé par un miroir plan de verre argenté. Si la pile fonctionne, on comprend facilement que les rayons lumineux sont renvoyés verticalement d'un miroir à l'autre, et éclairent parfaitement le liquide qui remplit le vase et les corps solides de toute nature qui peuvent s'y

rouver en suspension. On peut ainsi étudier lans leurs moindres détails les animaux les plus délicats et suivre avec facilité tous leurs mouvements. Les animalcules transparents qui flottent à la surface de la mer, les algues les plus ténues, se prêtent merveilleusement à ces observations. Il en est encore de même pour les phénomènes de la physique et de la chimie : on

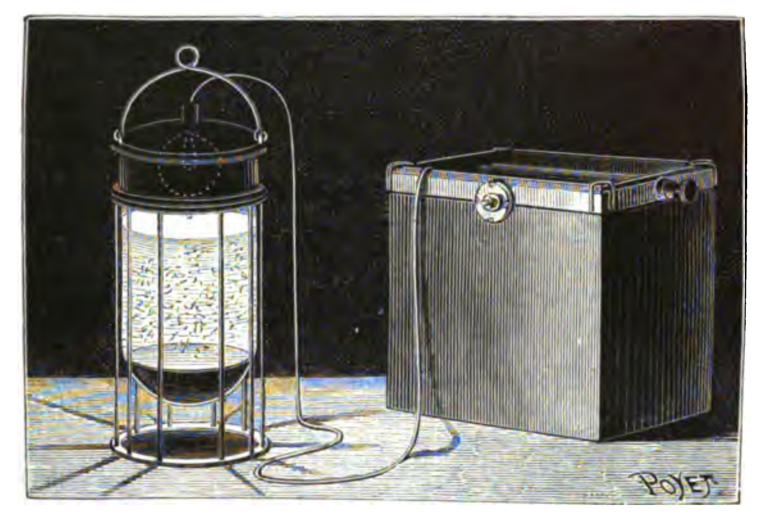


Fig. 223. — Appareil pour l'étude des ferments.

obtient un effet saisissant en versant dans une colonne d'eau bien pure quelques gouttes de fluorescéine qui s'y mélange peu à peu en figurant des arborescences étranges et d'un coloris indescriptible, ou bien en ajoutant dans un liquide une trace d'un réactif qui donne naissance à une foule de cristaux microscopiques.

Dans d'autres cas, l'appareil précédent doit



Fig. 224. — Batterie automatique au repos et en fonction.

être un peu modifié. Ainsi, pour l'étude des fermentations (fig. 223), le réflecteur est vissé dans une garniture métallique mastiquée au bord du vase, afin de garantir les préparations du contact de l'air; des tiges métalliques préservent le cylindre des chocs.

Pour alimenter la lampe à incandescence, on peut se servir, comme l'indique l'auteur, de la

batterie automatique (fig. 224) au bichromate de potasse. Quand on la suspend par la poignée supérieure, les éléments sont hors du liquide, et la pile ne fonctionne pas; lorsqu'on la pose sur une table, la pesanteur fait enfoncer le couvercle, et les éléments plongent dans le liquide.

M. Van Heurck d'Anvers a étudié d'une manière spéciale l'application de l'éclairage électrique à la micrographie et à la microphotographie. Il recommande pour la micrographie des lampes Stearn (fig. 225) d'un modèle spécial, ayant environ 3 centimètres de diamètre et n'exigeant

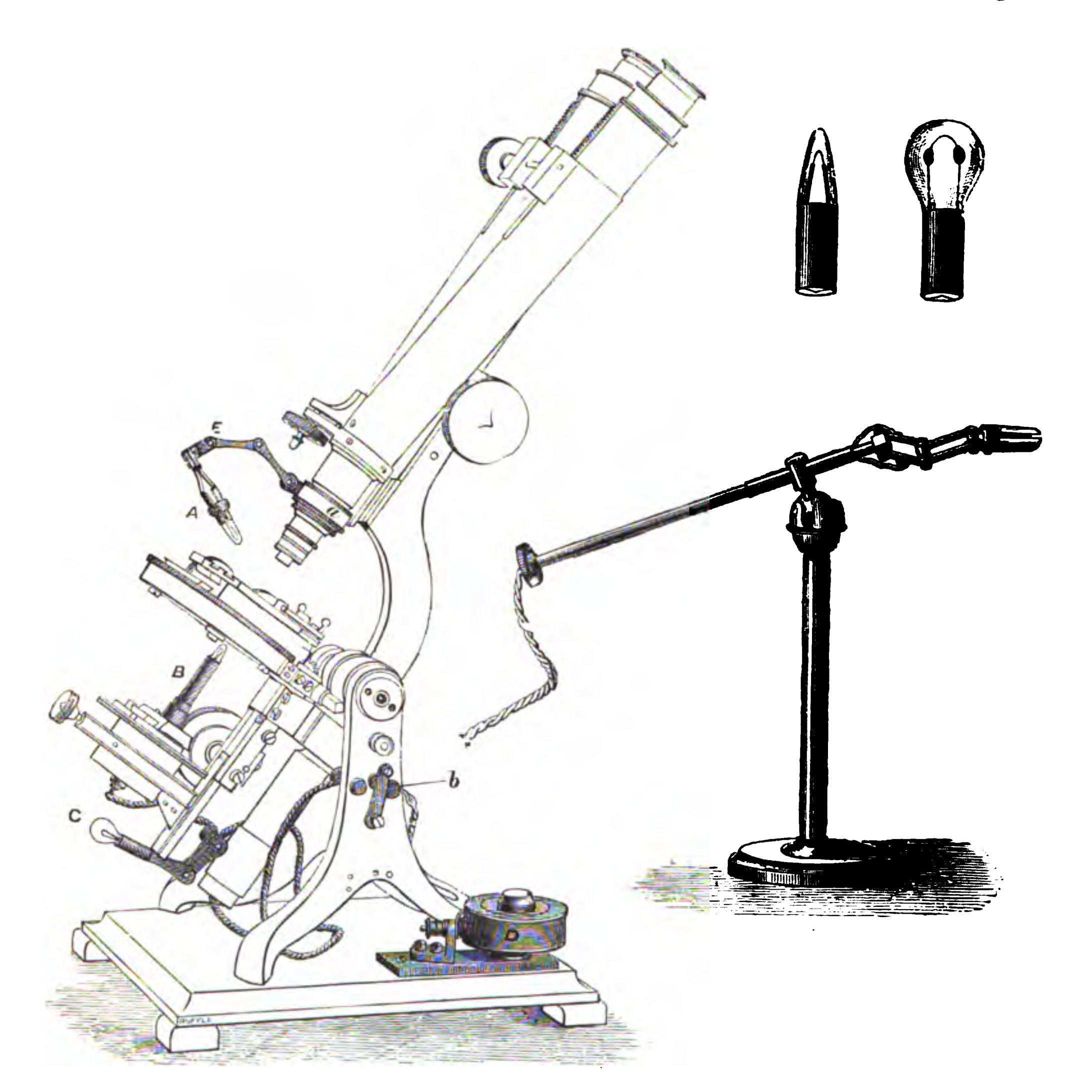


Fig. 225. — Éclairage électrique du microscope (Van Heurck).

qu'une différence de potentiel de 6 à 7 volts. On peut même employer des lampes plus petites n'exigeant que 3, 5 volts. La figure représente ces lampes Stearn, un pied porte-lampe articulé, et un microscope disposé par MM. Mawson et Swan. Une première lampe Stearn A, placée au-dessus de la platine, sert à éclairer les corps opaques. La lampe B sert à l'éclairage oblique. La lampe C, plus puissante que les premières, est fixée à la place du miroir pour photographier les préparations ou les éclairer vivement pour les forts grossissements. La bobine D sert de rhéostat, et un commutateur permet d'envoyer le courant à volonté dans chacune des trois lampes. Ce système d'éclairage peut d'ailleurs s'adapter à un microscope quelconque.

Éclairage des magasins. — La lumière électrique a été adoptée par la plupart des grands magasins de nouveautés. Outre qu'elle conserve aux couleurs leurs nuances les plus délicates, elle a le grand avantage de supprimer presque complètement les risques d'incendie. Nous citerons d'après Hippolyte Fontaine (*Éclairage à l'Électricité*) les dispositions adoptées par ces magasins.

Les magasins du Louvre ont reçu les premiers l'éclairage électrique en 1878; les bougies Jablochkoff y sont employées presque exclusivement; leur nombre est actuellement supérieur à 200 : elles sont portées par des chandeliers Clariot. La force motrice, qui est d'environ 250 cheveaux, est fournie par des machines à vapeur, installées dans les sous-sols, et qui actionnent une série de machines Gramme et Méritens. Depuis cette époque, on a installé en outre un petit nombre de lampes à incandescence, alimentées par une dynamo Édison, pour l'éclairage des bureaux. Dans cette installation, le prix d'une bougie Jablochkoff est, tous frais compris, de $0^{fr},40$ par heure, et celui d'une lampe Édison de 16 bougies est de $0^{fr},05$, ce qui donne sur le prix du gaz employé auparavant une économie de plus de 30 p. 100.

Les magasins du Printemps, reconstruits en 1882, ont aussi adopté presque complètement la bougie Jablochkoff. Ils comprennent 265 bougies et 255 lampes à incandescence. Les frais de premier établissement, très élevés à cause de l'appareillage luxeux et de la nécessité d'établir des fondations extrêmement coûteuses, ont atteint la somme de 684,000 francs, ce qui fait environ 2,280 francs par bougie. Le prix du matériel électrique a été d'environ 600 francs par bougie.

L'installation des magasins du Gagne-Petit ne contient pas de bougies; elle se compose de 400 lampes à incandescence Édison et 10 régulateurs Cance, alimentés par 4 dynamos Édison. La force motrice est fournie par une machine Boudier de 100 chevaux et 2 chaudières multitubulaires Collet. Ces magasins étaient éclairés auparavant, afin d'éviter les dangers du gaz, par de fortes lampes à huile.

Les magasins du Bon-Marché possèdent une installation considérable, produisant une intensité totale de 19188 carcels, et composée de 290 régulateurs Cance, 96 bougies Jablochkoff et 1808 lampes à incandescence, auxquels on ajoute les jours de fête ou d'exposition 4 régulateurs Gramme de 500 carcels chacun.

Ces lampes sont alimentées par 41 dynamos Édison et Gramme, dont 8 à courants alternatifs pour les bougies, représentant une puissance électrique d'environ 900000 watts ou 1200 chevaux. Parmi ces machines, la série la plus importante est formée de 24 dynamos Gramme du type supérieur, divisées en quatre groupes de 6, actionnés chacun par une machine à vapeur horizontale de 200 chevaux. Trois de ces groupes sont en service normal; le quatrième sert de rechange ou de secours.

Vingt tableaux de distribution servent à envoyer le courant dans les brûleurs. Toutes les manœuvres relatives à l'allumage et à l'extinction se font de la machinerie même, à laquelle on transmet par téléphone, de tous les étages, les ordres nécessaires. De cette manière, aucun appareil n'est à la portée du public ou du personnel étranger au service de l'éclairage.

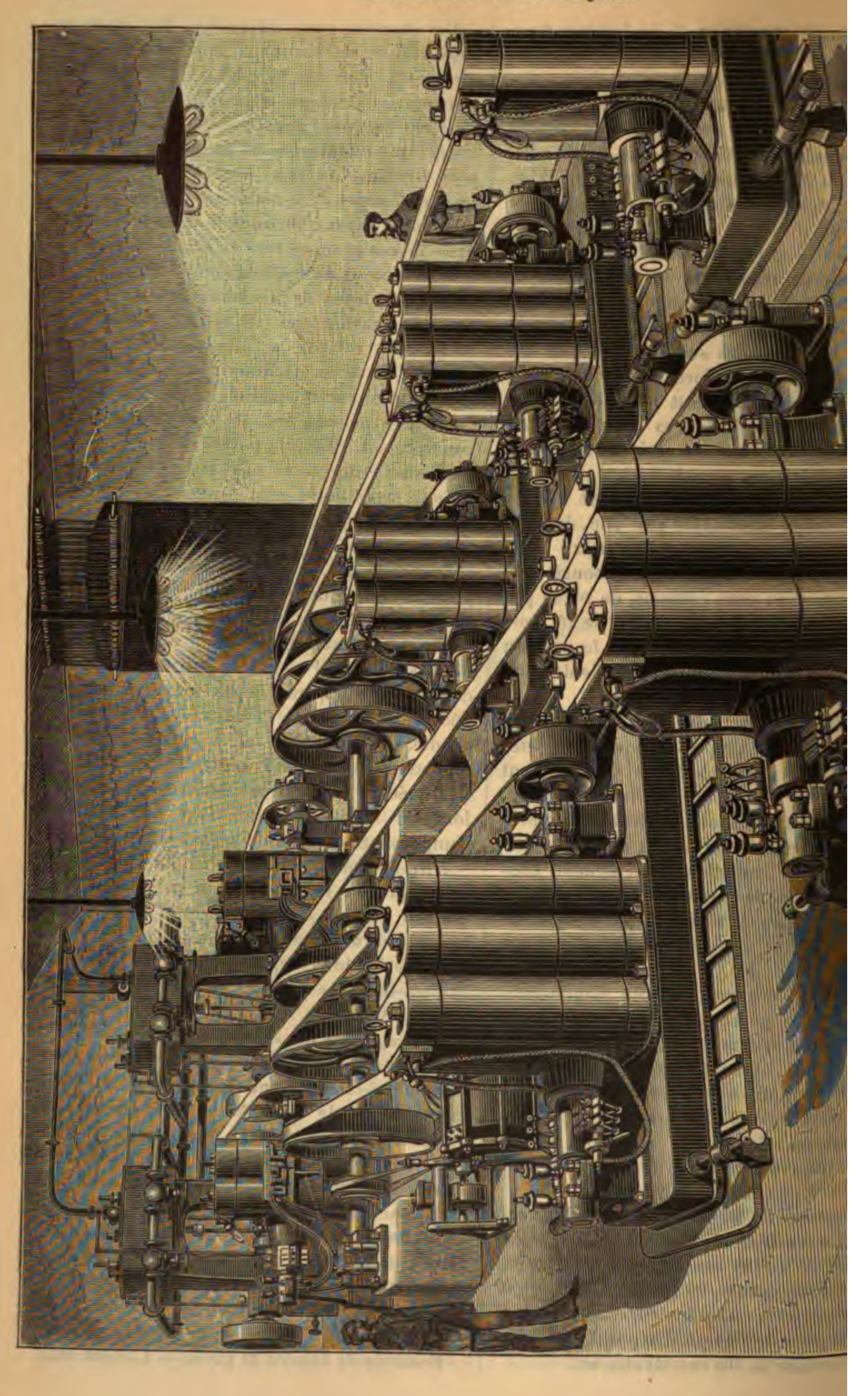
Cette magnifique installation est encore trop récente pour qu'on puisse se rendre compte du prix de revient.

Éclairage des théâtres. — Dans un rapport présenté à la Commission des théâtres subventionnés, M. Mascart a parfaitement mis en évidence les avantages et les inconvénients des deux systèmes d'éclairage, le gaz et l'électricité. Les principaux inconvénients évités par l'éclairage électrique sont : les dangers d'incendie, l'altération de l'air respirable, l'échauffement de la salle, les dégâts occasionnés par la fumée, et qui peuvent devenir incalculables lorsqu'il s'agit d'œuvres d'art pouvant être compromises ou perdues à tout jamais.

L'Hippodrome de Paris adopta la lumière électrique en 1878; c'est le premier théâtre qui fut éclairé complètement à l'électricité. Un grand nombre de théâtres ont suivi cet exemple, sutout depuis les catastrophes de l'Opéra-Comique de Paris et du théâtre d'Exeter en Angleterre.

Éclairage de l'Hippodrome de Paris. — L'Hippodrome a la forme d'un rectangle terminé par deux demi-circonférences; il présente une longueur totale de 105 mètres, une largeur de 70 mètres et une hauteur maxima de 25 mètres. La piste est éclairée par 20 régulateurs Gramme, pourvus de réflecteurs puissants, la salle par 133 bougies; enfin 1500 lampes à incandescence complètent l'installation; l'intensité totale est d'environ 15000 carcels. Ces brûleurs sont alimentés par 24 dynamos, qui sont surtout des machines Gramme du type normal.

Éclairage de l'Opéra de Paris. — L'Opéra était



ıiré autrefois par 7 455 becs de gaz qui ont remplacés par 6 131 lampes à incandes-ıce Édison, dont 5 023 de 10 bougies et 1 108 16 bougies, 22 bougies Jablochkoff pour le ristyle et le plafond du grand escalier, et ·égulateurs pour la loggia.

Ces brûleurs sont alimentés par 13 dynamos ison à courant continu et une à courants alternatifs. Parmi les premières se trouvent 4 dynamos de 800 ampères et 125 volts; ce modèle, étudié spécialement pour l'Opéra en 1886, est représenté plus loin (Voy. MACHINES D'INDUCTION). On voit ces machines (fig. 226).

Le courant arrive à un tableau de distribution de 4 mètres de largeur sur 1 mètre de hauteur, relié par quatre barres de cuivre à

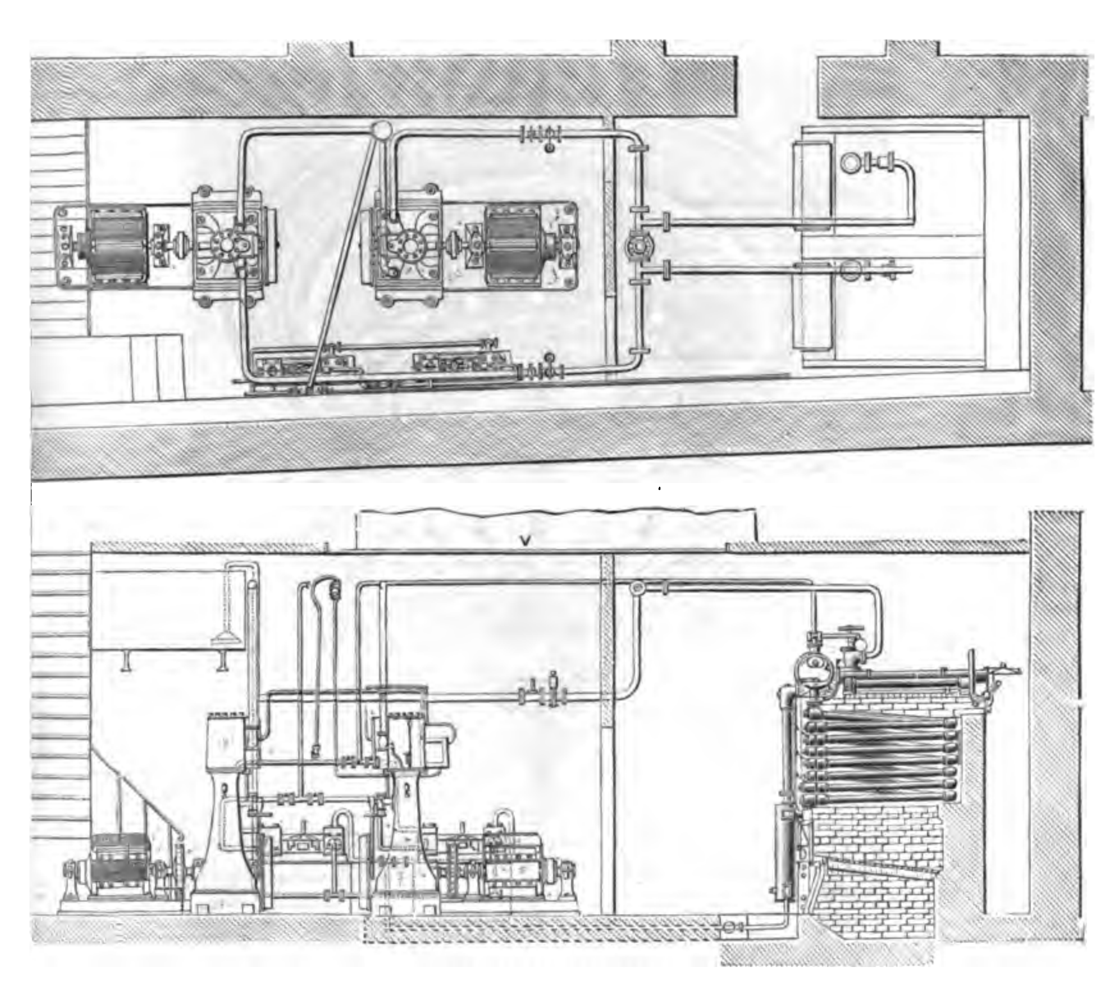


Fig. 227. — Machinerie du Gymnase (plan et élévation) (communiqué par M. Clémançon).

deux autres tableaux de 3,50 m. sur 1,10 m., qui desservent les circuits du théâtre.

Les dynamos sont actionnées par 6 générateurs tubulaires, pouvant produire 10 350 kilogrammes de vapeur, et alimentant 8 moteurs, qui donnent ensemble une puissance nominale de 970 chevaux, pouvant même atteindre 1 200 chevaux quand on utilise l'éclairage entier.

Les chaudières, du système Belleville, donnent la vapeur sous une pression de 12 kilogrammes. Elles sont placées à 60 mètres des machines, auxquelles les relie une canalisation spéciale. La cheminée a 30 mètres de hauteur et 1,30 m. de diamètre. Placée dans une cour intérieure, elle est tout à fait invisible.

Éclairage du Gymnase. — Cet éclairage, installé par M. Clémançon, a été inauguré le 15 décembre 1887. La machinerie fut installée, faute d'espace, dans une sorte de cave, creusée dans

une cour voisine, et recevant le jour par en haut. Elle se compose (fig. 227) de deux générateurs Belleville, deux moteurs pilons et deux dynamos système Thury. Les dynamos sont reliées directement aux moteurs par un manchon. Cet ensemble sert à charger deux batteries de chacune 56 accumulateurs système Schenck-Farbaky, pouvant fournir chacun 320 ampères pendant huit heures. Un conjoncteur-disjoncteur empêche les accumulateurs de se décharger dans les machines.

L'éclairage comprend 883 lampes Khotinsky, savoir 221 lampes de 10 bougies pour la salle, dont 180 groupées sur le lustre (fig. 228), 469 pour la scène et 193 pour les loges d'artistes et l'administration.

Éclairage de la scène. — L'éclairage électrique est aussi précieux pour la scène que pour la salle, car les dangers d'incendie y sont encore beaucoup plus nombreux. La terrible catastrophe de l'Opéra-Comique, encore présente à tous les esprits, aurait été certainement évitée par une bonne installation d'éclairage électrique.

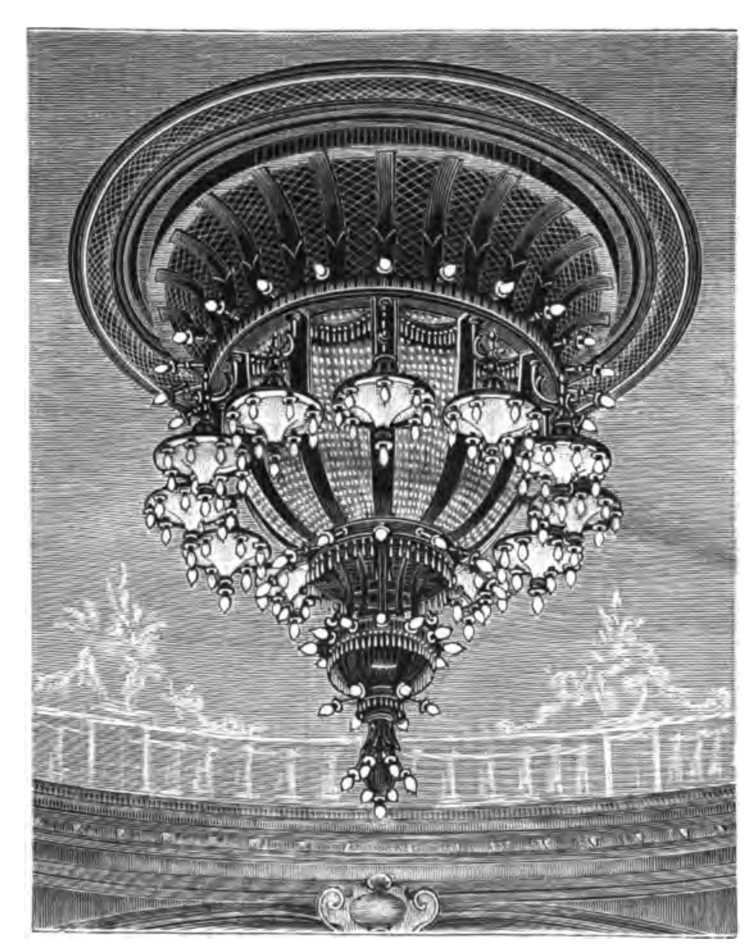


Fig. 228. — Lustre électrique de la Porte-Saint-Martin, d'après une photographie communiquée par M. Clémançon.

L'éclairage de la scène comprend principalement la rampe, les portants et les herses.

La rampe est destinée, comme on sait, à éclairer la partie antérieure de la scène où se tiennent ordinairement les acteurs; elle est formée de lampes à incandescence. La figure 229 représente la rampe installée en 1889 au Théâtre-Français : elle se compose de deux parties, placées de chaque côté du souffleur; chaque partie est commandée par une vis à mouvement très doux, manœuvrée par un volant, et supportée par une colonne en fonte. On y a ménagé deux jeux de feux, l'un blanc, l'autre rouge ou bleu pour les effets de scène.

On donne le nom de herses à des lignes de

foyers placées horizontalement au-dessus de la scène pour éclairer les ciels et le haut des décors. L'emploi des herses à gaz est très dangereux, car il y a toujours un certain nombre de

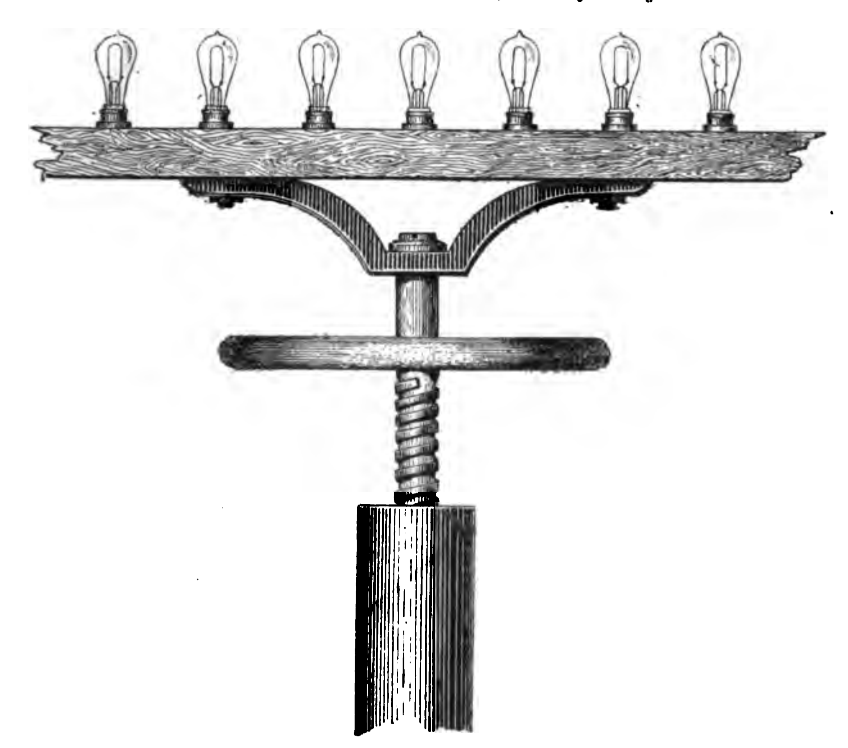


Fig. 229. — Rampe électrique du Théâtre-Français.

toiles de fond qui sont suspendues dans la partie supérieure de la scène, et qui, oscillant lentement sous l'action des courants ascendants

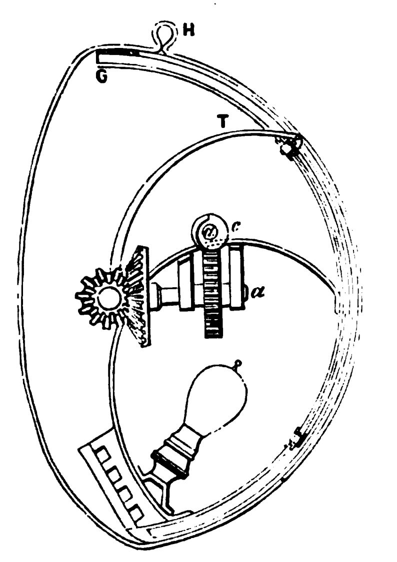


Fig. 230. — Coupe d'une herse.

d'air chaud, viennent parfois fort près des herses. L'électricité offre encore ici une sécurité parfaite, car dans ce cas, les lampes à incandescence ne sont pas seulement protégées par leur enveloppe de verre; on place en avant, du côté des décors qu'elles doivent éclairer, un grillage en fil de fer, en arrière une enveloppe en tôle et au-dessus des plaques de verre. Les figures 230 et 231 montrent le dispositif adopté au Gymnase. Des enveloppes transparentes diversement colorées peuvent donner une lumière blanche, bleue ou rouge. De distance en distance sont placées des glissières T, dans lesquelles se meuvent ces panneaux colorés, que commande un axe horizontal au moyen de deux pignons d'angle et d'une vis sans fin C; celle-ci porte deux poulies autour desquelles s'enroulent en sens inverse des cordes qui supportent un contre-poids. En tirant dans un sens ou dans l'autre, on fait monter l'un des panneaux colorés et descendre l'autre. Les lampes sont du système Khotinsky.

La figure 232 montre comment, au même théâtre, sont disposées les lampes placées derrière les portants, de chaque côté de la scène, à

diverses hauteurs pour éclairer les décors latéraux et les coulisses. On voit que ces lampes sont entourées d'une cage en fil de fer.

Effets de scène. — C'est par un rôle beaucoup plus modeste que l'électricité a débuté sur le théâtre, et pendant longtemps on l'employa seulement à produire quelques effets de scène qu'on ne pouvait obtenir autrement. Pendant longtemps, l'Opéra n'eut pas d'autre s... d'électricité qu'une pile de 50 éléments Bun... des ouvriers habiles la montaient en une... heure, quand on en avait besoin. La source... mineuse est dans tous les cas un régula... arc, en général du système Foucault-Dub... Lorsqu'on veut éclairer un grand espa... place cette source dans une lanterne ...

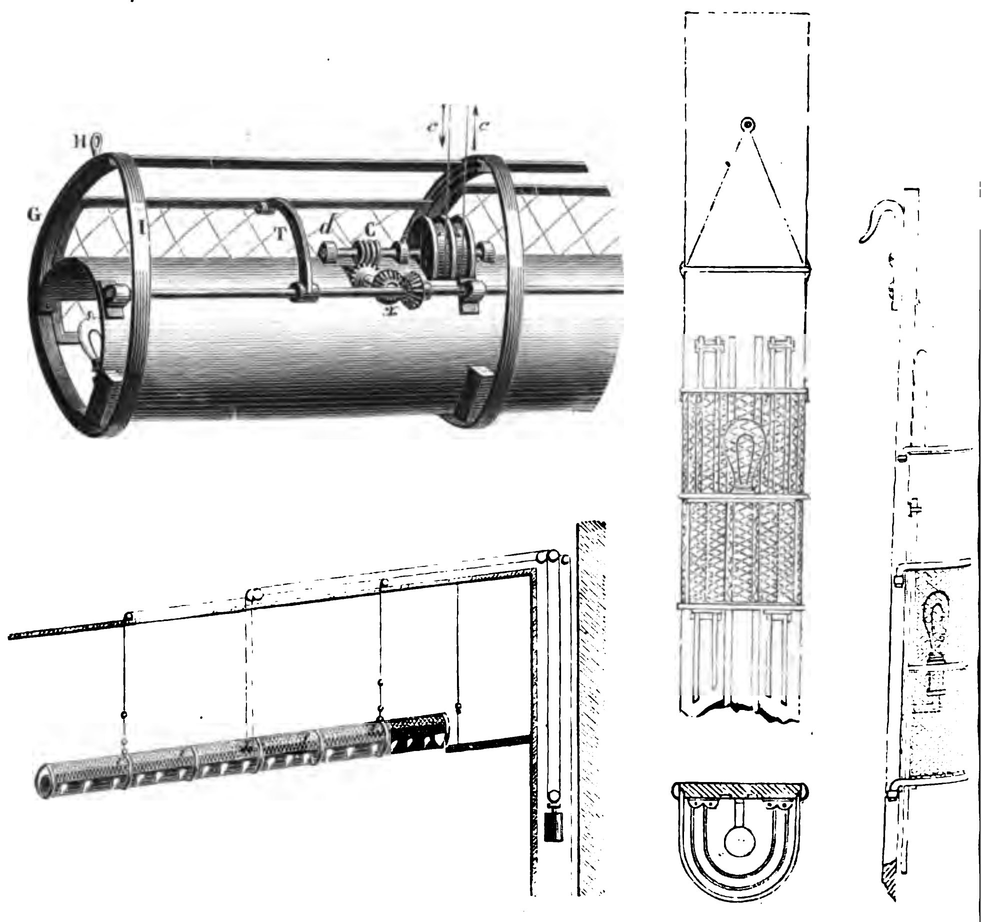
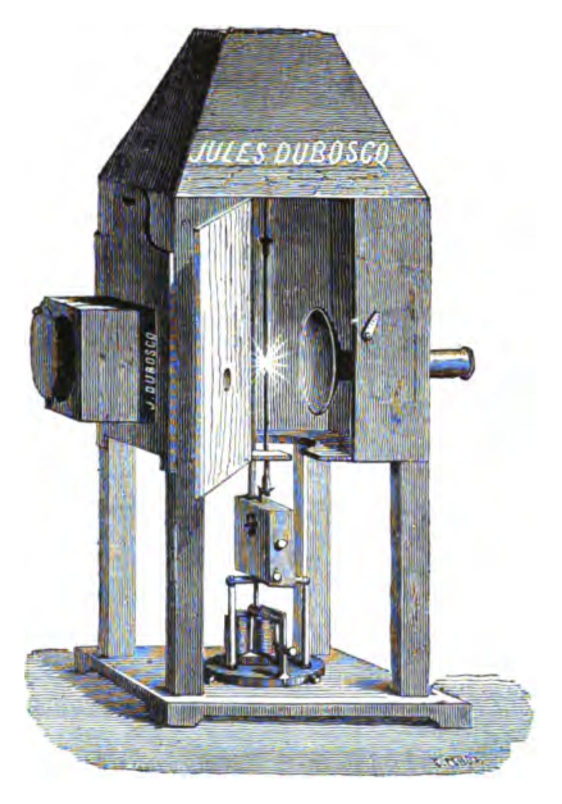


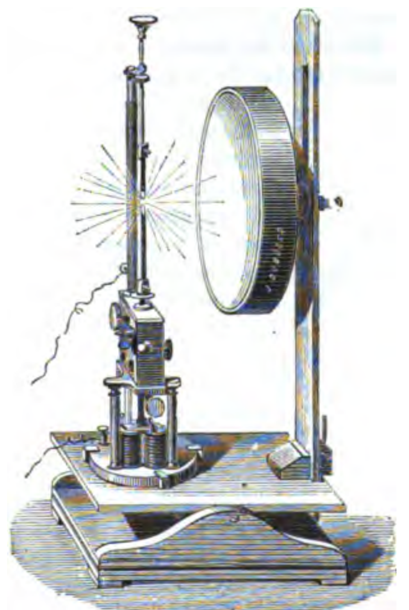
Fig. 231. — Mécanisme d'une herse.

Fig. 232. — Disposition des lampes sur les ...

munie d'un réflecteur en verre argenté et d'un jeu de lentilles qui rend les rayons parallèles ou divergents. On peut même se servir d'un simple réflecteur monté sur un châssis et mobile dans tous les sens. Pour suivre un personnage qui se déplace sur la scène, comme le spectre d'*Hamlet*, on fait usage du même appareil, ou d'une lanterne plus petite que la première et pouvant tourner facilement dans toute les directions (fig. 233).

Le miroir (fig. 234) peut remplir aussi le même but, mais il sert plutôt à imiter l... éclairs. C'est un miroir plan devant lequel ... disposés deux charbons pour l'arc voltaïque ... charbon supérieur est fixe ; l'autre est porté ... une tige de fer doux, qui peut plonger dans un... bobine. Quand le courant ne passe pas, un r... sort maintient ce charbon au contact du premier. Vient-on à fermer le circuit, le fer doux at... pénètre dans la bobine, et l'arc jaillit. Dès que le circuit se trouve rompu, l'arc s'éteint et ... ressort ramène le charbon mobile au contact ...





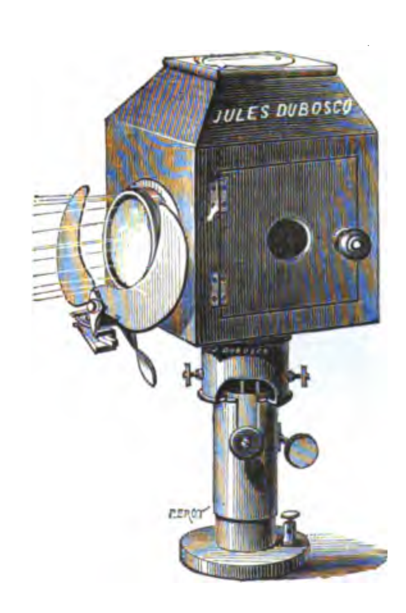


Fig. 233. — Appareils pour les effets de scène : Lanterne à projections. Appareil pour suivre un personnage. Support articulé avec réflecteur.

La première application de lumière électrique que fut faite en 1846, dans le *Prophète*, pour figurer le soleil levant. La lampe était munie d'un réflecteur (fig. 235), qui projetait un faisceau

cylindrique sur un écran de soie. L'appareil, convenablement masqué par les décors, s'élevait graduellement, de sorte que le disque lumineux parût monter peu à peu au-dessus de l'horizon.

Enfin, lors de la reprise de ***Moïse***, vers le

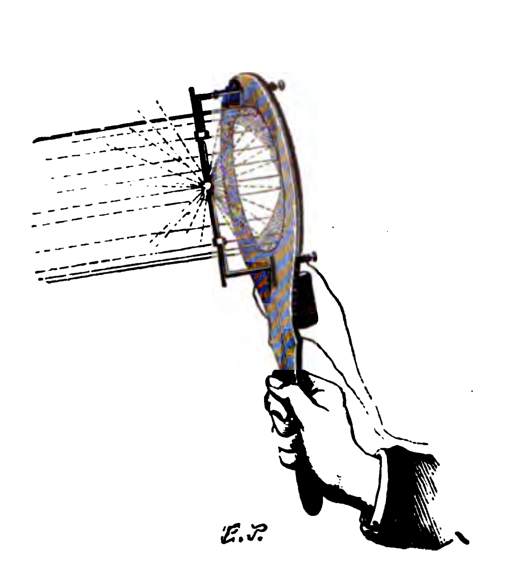


Fig. 234. — Miroir pour les éclairs.

Fig. 235. — Appareil pour le soleil levant.

on remplaça les bandes de papier qui représentaient primitivement l'arc-en-ciel par un effet de lumière électrique. Un appareil à projection placé sur un échafaudage de hauteur convenable, à 5 mètres du rideau, envoyait vers la toile

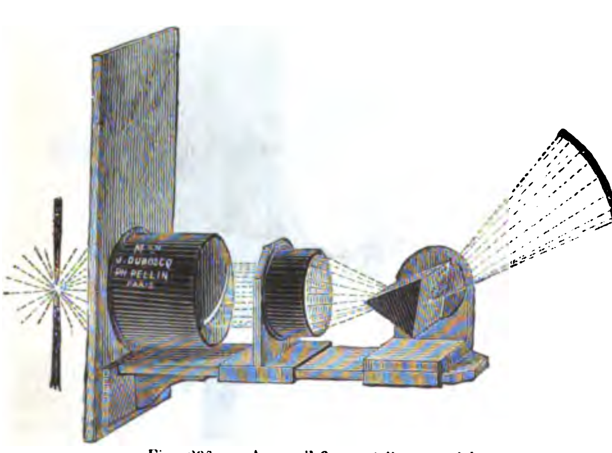


Fig. 236. — Appareil figurant l'arc-en-ciel.

de fond un faisceau de lumière parallèle. Ce faisceau rencontrait d'abord une plaque métallique percée d'une fente en forme d'arc, puis une lentille biconvexe et un prisme, qui donnaient un spectre très étalé et en forme d'arc de cercle (fig. 236).

Nous avons décrit plus haut les ***bijoux lumineux*** et le duel électrique, qui peuvent être également employés au théâtre.

Éclairage des usines. — C'est dans les usines que l'éclairage électrique s'est développé le plus rapidement, car l'existence préalable de moteurs à vapeur ou à gaz diminue alors généralement les frais d'installation. La lumière électrique présente encore ici ses avantages ordinaires : économie, possibilité de travailler la nuit, suppression presque complète des risques d'incendie, etc. L'arc voltaïque peut être employé seul ou concurremment avec l'incandescence. Il a l'avantage d'être plus économique.

Éclairage des ateliers du dépôt central de l'artillerie à Paris. — L'atelier de précision est éclairé par 2 régulateurs Gramme de 300 bougies et 82 lampes à incandescence Swan, nouveau modèle, dont 2 de 25 bougies et les autres de 10. Chaque ouvrier dispose en outre d'une lampe de 10 bougies sur un support mobile, qu'il peut déplacer suivant ses besoins.

Ces lampes sont alimentées par deux dynamos Gramme auto-régulatrices, de 50 ampères et

70 volts chacune, pouvant au besoin être montées en quantité. Un moteur horizontal fixe, qui commande l'atelier, actionne en même temps ces machines, qui exigent chacune 6 chevaux. Les bureaux et les autres ateliers sont éclairés par 3 régulateurs Gramme et 52 lampes Swan de 10 bougies, alimentés par une machine du même type.

Nous citerons encore l'installation de la gare de Strasbourg, qui comprend 60 régulateurs et 1,400 lampes à incandescence, actionnés par 18 dynamos, exigeant chacune une force de 22 chevaux environ. L'économie sur l'éclairage au gaz est d'environ un tiers.

Éclairage des gares et des trains de chemin de fer. — La gare du Nord fut éclairée la première en 1876. Dans les gares de voyageurs, on masque souvent les régulateurs, et l'on fait réfléchir la lumière sur les plafonds pour obtenir un éclairage plus doux. Dans les gares de marchandises, on suspend les lampes à l'aide de pylônes à une certaine hauteur, pour éviter de gêner la vue.

L'éclairage des trains comprend l'éclairage extérieur, destiné à faciliter au mécanicien l'exploration de la voie, et l'éclairage intérieur des wagons. Le premier s'obtient par un régulateur placé en avant de la locomotive. On a constaté que les trépidations de la machine provoquaient bientôt l'extinction. Pour remédier à ce défaut, MM. Sedlaczek et Wikulille ont imaginé une lampe spéciale, qui résiste bien à la vitesse ordinaire des express. Le mouvement des charbons (fig. 237) est produit par un liquide, de la glycérine, qui remplit deux tubes verticaux dont les sections sont dans le rapport de 1 à 2. Ces tubes communiquent par un orifice *a*, que commande un piston P percé d'un conduit coudé. Ce piston est fixé à l'armature M d'un électro-aimant embroché dans le circuit général. Quand les charbons sont en contact, le circuit est fermé et, le piston occupant la position figurée, l'orifice *a* est libre : l'arc s'allume, et un peu de liquide passe dans le tube C pour permettre aux charbons de s'écarter. Mais aussitôt la palette M est attirée, et le piston P, entraîné vers la droite, subit un petit déplacement et ferme *a*; lorsque la résistance de l'arc augmente, la palette M cède à l'action du ressort antagoniste R et, le piston P débouchant *a*, un peu de liquide passe en D pour permettre le rapprochement des charbons. On a constaté que l'éclairage électrique n'altère ni la visibilité ni la coloration des signaux de la voie, et n'incommode nullement les mécaniciens; il gêne seulement les agents placés sur la voie, qui passent subitement d'une lumière intense à l'obscurité complète. La principale raison qui en a retardé jusqu'ici l'adoption, c'est évidemment les frais élevés de premier établissement.

La question de l'éclairage intérieur des wagons est encore moins avancée, et cet éclairage n'est employé qu'en Angleterre et surtout en Amérique.

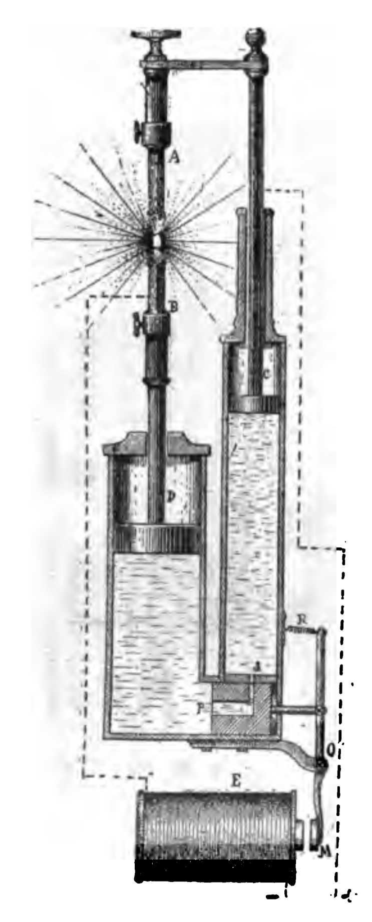


Fig. 237. — Lampe Sedlaczek et Wikulille.

Les essais tentés à l'aide des piles ne paraissent pas avoir donné de bons résultats, et diverses compagnies essayent actuellement l'emploi des accumulateurs.

Les wagons-salons du *Pensylvania Railroau* sont éclairés à l'aide des accumulateurs seuls : chaque wagon renferme deux boîtes d'accumulateurs, que l'on charge à poste fixe par une dynamo à incandescence, et qui alimentent des lampes Edison de 23 volts. Ces accumulateurs

fonctionnent depuis trois ans (1890) sans avaries sérieuses.

Un certain nombre de trains du *Boston and Albany Railroad* sont éclairés par des accumulateurs Julien alimentant des lampes Edison; chaque wagon renferme 60 accumulateurs, dont 6 en réserve, et 22 lampes de 16 bougies. Le chargement se fait sur une voie de garage; la dépense est de 5 à 6 cent. par lampe-heure.

La Compagnie du Nord français éclaire les wagons-lits du *club-train* circulant entre Paris et Calais avec des lampes Cruto de 25 volts et 0,6 à 0,7 ampère (6 bougies), avec réflecteurs en opale, alimentées par les accumulateurs de la Société pour le travail électrique des métaux. Chaque wagon renferme 21 lampes et 16 éléments d'accumulateurs. La disposition des lampes, des récipients et des connexions, a été étudiée par M. E. Sartiaux. La dépense paraît être de 1,9 cent. par lampe-heure, mais l'installation est encore trop récente pour qu'on puisse donner un chiffre définitif.



Fig. 238. — Éclairage électrique des voitures (Aboilard).

Enfin diverses compagnies essayent l'emploi des accumulateurs combinés avec une dynamo commandée par l'essieu d'un des véhicules du train. Le *London Brighton and South Coast Railway* éclaire ainsi trois trains de grande ligne et treize trains locaux. La dynamo produit 50 à 80 volts et 35 à 80 ampères. Les trains locaux ont 40 lampes de 12 candles et 22 accumulateurs, les trains de grandes lignes ont 70 lampes de 10 candles et 32 accumulateurs.

Le *Great Northern Railway* et le *Midland Railway* emploient des dispositions analogues.

Enfin l'express de New-York à Chicago est éclairé par des accumulateurs et une dynamo commandée par une machine à vapeur alimentée par la locomotive. La dynamo, du système Eckemeyer, est actionnée par une machine Brotherood à 3 cylindres, de 10 chevaux, placée dans un fourgon à bagages.

Le *Connecticut River Railroad* éclaire de même, depuis 1888, les trains de Spingfield à Northampton. La dépense serait de 34,5 cent. par lampe-heure.

Le train impérial de Russie, installé sous la direction de M. Werchowsky, a une disposition analogue.

MM. Sartiaux et Weissenbruch, à qui nous empruntons ces renseignements (*Bull. de la Comm. intern. du Congrès des chemins de fer*) pensent que le meilleur système est l'emploi d'accumulateurs chargés dans des usines fixes.

Signalons encore une combinaison nouvelle et d'un genre tout différent, qui fonctionne dans tous les trains de nuit de la compagnie du *Great-Eastern*. En laissant tomber dix centimes dans une fente disposée à cet effet, on déclenche un mécanisme qui envoie le courant d'un accumulateur dans une lampe de la puissance de 5 bougies, et l'éteint au bout d'une demi-heure.

Éclairage des voitures, des bateaux, des vélocipèdes. — La figure 238 montre la disposition adoptée par M. Aboilard pour l'éclairage des voitures : la partie essentielle de cet éclairage comprend trois lampes à incandescence, deux dans les lanternes et l'autre dans la voiture ; les premiè-

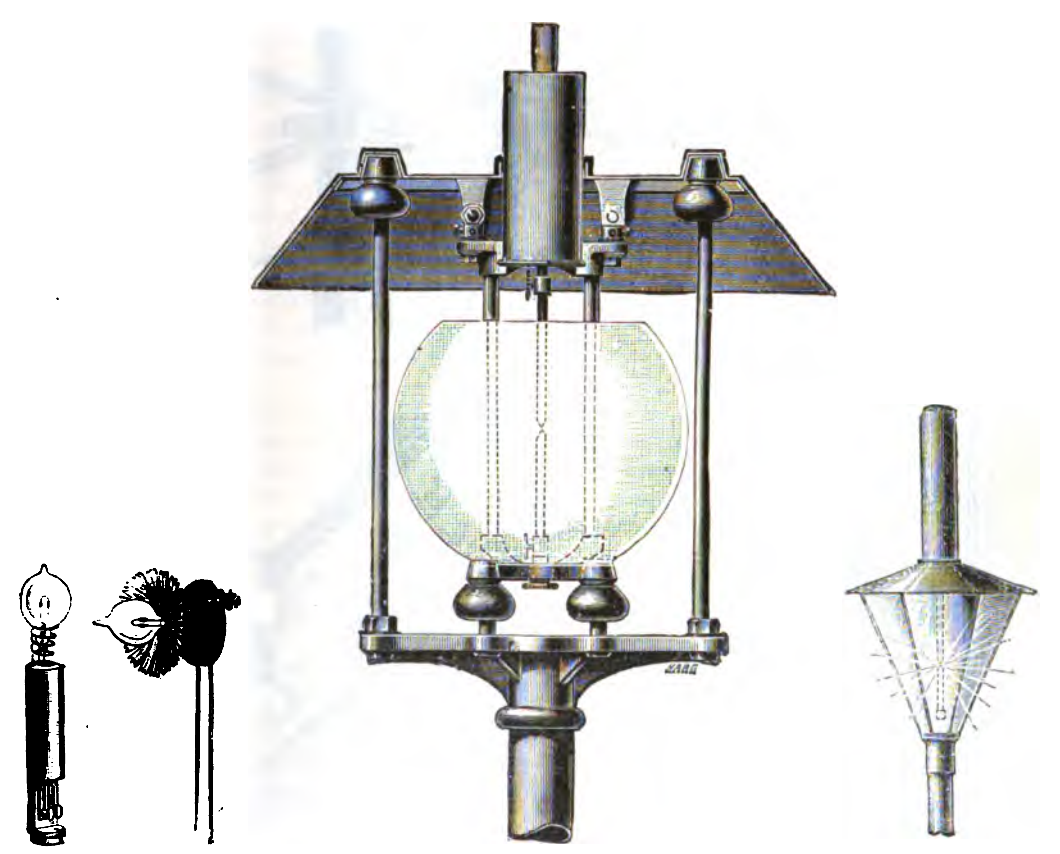


Fig. 239. — Bougie et aigrette pour voitures (Aboilard).

Fig. 240. — Lampes à arc pour l'éclairage public (Woodhouse et Rawson).

res sont allumées constamment, la dernière d'une façon intermittente. Quatre petits accumulateurs placés dans une boîte sous le siège du cocher et capables d'actionner une lampe de cinq bougies pendant environ six heures alimentent les lanternes ; d'autres accumulateurs, placés dans le coffre de la voiture, sont destinés à la lampe intérieure. Les lanternes contiennent des bougies de bois creuses (fig. 239), portant à la partie supérieure un support de lampe à incandescence et à la partie inférieure deux bornes auxquelles on attache les conducteurs, et que deux fils relient à la lampe. Le ressort à boudin qui maintient d'ordinaire la bougie est conservé, de sorte qu'on peut, en cas d'accident, revenir instantanément à l'éclairage habituel. Enfin on peut obtenir un effet encore plus éclatant en plaçant des aigrettes, allumées d'une manière intermittente (fig. 239), sur la tête des chevaux et sur le chapeau des domestiques. Les premières sont reliées aux accumulateurs placés dans le coffre par des con-

ducteurs cachés sous les harnais, les autres sont alimentées par des piles de poche semblables à celles que nous indiquons à propos des bijoux.

Pour les canots et les vélocipèdes, l'éclairage ne doit pas être disposé absolument de la même manière : il n'y a aucune utilité à disséminer la lumière, et il est préférable de placer à l'avant un foyer unique, mais assez intense. Dans la disposition adoptée par M. Trouvé, une forte lampe munie d'un réflecteur parabolique est installée à l'avant du canot : elle est alimentée par une pile du même inventeur, qu'on peut dissimuler sous une banquette, et qui peut fournir facilement plusieurs heures d'éclairage. On obtient ainsi un vaste champ lumineux, ce qui permet au barreur d'éviter les accidents et donne à la navigation de nuit toute la sécurité désirable, en lui ajoutant un charme de plus.

C'est un éclairage du même genre qui convient aux vélocipèdes : un fanal placé en avant

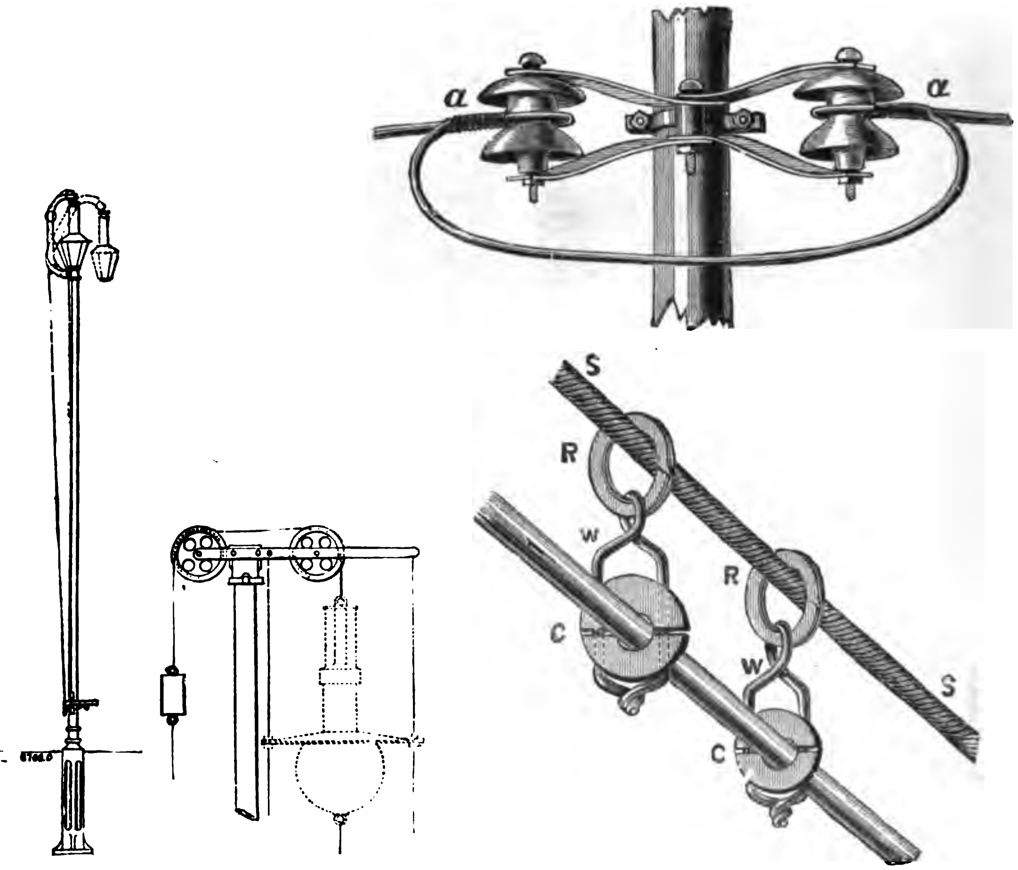


Fig. 241. — Mode de suspension des lampes.

Fig. 242. — Mode de suspension des conducteurs. (Woodhouse et Rawson).

du conducteur et qui lui montre les détails de la route en même temps qu'il signale aux passants le voisinage de l'appareil. Cette lanterne peut être alimentée par une pile ou un accumulateur : ce dernier mode convient peut-être mieux, à cause du peu de place dont on dispose. Nous donnons plus loin une figure qui montre l'application de l'électricité à l'éclairage et à la traction des vélocipèdes (Voy. TRICYCLE).

Éclairage des rues et des places publiques. — Les appareils employés pour cet éclairage sont surtout les régulateurs et les bougies. On les fixe généralement au haut de colonnes en fonte ressemblant plus ou moins aux candélabres à gaz ; les régulateurs peuvent aussi être suspendus.

La figure 240 montre un modèle de régulateur employé en Angleterre par la *Grosvenor district electrical Supply*. Ces lampes sont suspendues, isolément ou par deux, à l'extrémité de pylones en fonte (fig. 241). Enfin, la figure 242 représente le mode de suspension des conduc-

teurs aériens, qui sont arrêtés sur les gorges d'isolateurs *aa* fixés aux poteaux par des colliers boulonnés.

Les conducteurs lourds sont en outre suspendus à des fils d'acier qui s'attachent eux-mêmes aux appuis. Le conducteur passe alors dans des bagues en ébonite CC, soutenues par un étrier W en fil de fer galvanisé, et un anneau brisé en acier R, qui entoure le câble de soutien SS.

Nous prendrons pour exemple l'éclairage de la ville de Paris. Le 15 février 1878, la Société Jablochkoff fut autorisée à installer des bougies sur la place de l'Opéra, puis sur l'avenue du même nom et la place du Théâtre-Français. Les essais durèrent jusqu'au 1er avril 1882. De nouvelles tentatives furent faites aux Halles (15 mars 1879) et sur la place de la Bastille (23 février 1879). Au mois de novembre 1881, des régulateurs de Mersanne furent installés place du Carrousel, puis dans la cour du Louvre; ils furent remplacés ensuite par des foyers Brush. Après quelques autres essais, une usine fut installée pour l'éclairage électrique du nouvel Hôtel-de-Ville.

Enfin, le 30 mars 1888, le conseil municipal décida que l'administration pourrait accorder aux sociétés qui en feraient la demande l'autorisation de distribuer l'électricité dans la ville, en se conformant au cahier des charges établi à cet effet, et dont nous citerons seulement les prescriptions les plus intéressantes.

Art. 1er. — Aucune concession ne pourra être accordée qu'à des Français ou à des sociétés françaises, ayant leur siège social en France.

Art. 2. — Les fils ou câbles ne pourront être placés dans les galeries d'égout ou de carrières souterraines sous Paris. Ils seront placés sous les trottoirs dans des conduites en poterie, en maçonnerie, en métal ou en toute autre matière suffisamment résistante.....

Les fils ou câbles ne seront établis sous chaussées que pour la traversée des voies. Ces traversées se feront à une profondeur d'au moins un mètre.....

Des regards seront établis de distance en distance pour permettre la visite de la canalisation, et celle-ci sera disposée de manière que, en cas d'avarie, on puisse, en se servant des regards, retirer et remplacer les fils, sans ouverture de fouille.

La traversée des égouts n'est autorisée qu'exceptionnellement; en thèse générale la canalisation doit passer au-dessus.

Art. 3. — Les fils ou câbles ne peuvent être placés qu'à une distance minima de un mètre des façades des maisons, cet emplacement étant réservé au réseau municipal d'électricité.....

Art. 4. — Les fils pénétrant dans les immeubles seront établis entre le câble principal et la façade dans des conduites reliées à celles du câble principal.

Toutes les installations autres que les fils de branchement, telles que coupe-circuits, etc., seront placées en dehors des limites de la voie publique.

Art. 5. — S'il est fait usage de transformateurs, ils seront installés en dehors de la voie publique.

La durée des concessions est fixée à 18 ans.

Art. 13. — Le permissionnaire restera absolument maître de ses tarifs, sous réserve de ne pas dépasser un maximum de 0 fr. 45 pour une carcel-heure, ou de 0 fr. 45 pour une quantité d'énergie électrique livrée aux abonnés et équivalente à un cheval-vapeur pendant une heure.

La ville de Paris se réserve la faculté d'abaisser les prix maxima ci-dessus fixés, tous les cinq ans.

Les abaissements de tarifs profiteront à tous les consommateurs, quelles que soient les conditions de leur police d'abonnement.

Tous les abaissements de tarifs consentis par le permissionnaire à ses abonnés seront considérés comme acquis jusqu'à l'expiration de l'autorisation et les tarifs ne pourront plus être relevés.

Tout permissionnaire, dans l'étendue du réseau à lui concédé, fournira sur la demande de la ville, pour l'éclairage public, de la lumière électrique par arc voltaïque au tarif maximum de 0 fr. 25 la carcel-heure.

Usine municipale des Halles. — Une usine municipale a été installée aux Halles; elle occupe une superficie de 1,900 mètres carrés et alimente actuellement 3,000 lampes, sur un développement de 10 kilomètres.

L'installation comprend deux parties : la première, destinée à fournir des courants continus, à basse tension, est formée de six dynamos Edison, actionnées par des machines Weyher et Richemond, du type vertical à pilon, du système à triple expansion et à condensation. Ces dynamos sont montées en vue de l'emploi du système de distribution à trois fils. (Voy. Montage.)

La seconde partie de l'installation donne des courants alternatifs à haute tension. Elle comprend trois machines Ferranti, alimentées par des moteurs Lecouteux et Garnier.

L'éclairage des Halles comprend 168 lampes à arc dans les pavillons, et 512 lampes à incandescence dans les sous-sols.

Le réseau privé se compose de trois circuits :

1° Rue des Halles;

2° Rue Berger, rue du Pont-Neuf et numéros pairs avoisinants de la rue de Rivoli;

3° Numéros impairs de la rue de Turbigo, du boulevard de Sébastopol et des grands boulevards jusqu'à la rue Montmartre.

Sur ce dernier circuit, qui a 2,000 mètres de longueur, on emploie des transformateurs de distance en distance.

Cette usine est dans des conditions toutes spéciales, car, dans les Halles, c'est seulement

à 2 heures du matin qu'on allume toutes les lampes, alors qu'on les éteint ailleurs.

Concessions diverses. — Outre la compagnie Edison, qui a établi une usine sous la cour d'honneur du Palais-Royal, pour éclairer le Théâtre-Français, le théâtre du Palais-Royal, les galeries du Palais-Royal et l'administration des Beaux-Arts, six compagnies ont accepté les conditions posées par la Ville et ont entrepris l'éclairage de secteurs allant en s'élargissant du centre jusqu'aux fortifications. Ces sociétés doivent éclairer, dans un délai de deux ans, les rues centrales de leur secteur et les voies principales qui les limitent jusqu'aux fortifications. Voici les quartiers concédés à ces Sociétés :

Réseau Gaston-Censier. — Avenue de la Grande-Armée, avenue des Champs-Élysées, rues de Rivoli, du Louvre, Montmartre, du Faubourg-Montmartre, de Châteaudun, de Londres, de Constantinople, de Rome, Cardinet et de Tocqueville.

Réseau de la Société anonyme du secteur de la place Clichy. — Boulevard Pereire, rue de Rome, boulevard Haussmann, les rues du Havre et d'Amsterdam, et les avenues de Clichy et de Saint-Ouen jusqu'aux fortifications.

Réseau de la Compagnie Victor Popp. — Rue de Belleville, faubourg du Temple, place de la République, les grands boulevards, rues Royale et de Rivoli, place de la Concorde et les quais de la rive droite jusqu'aux fortifications.

Réseau de la Compagnie Surry-Montaud. — Boulevards Ornano et Barbès, faubourg Poissonnière, rues Poissonnière, des Petits-Carreaux, Montorgueil, Baltard et du Pont-Neuf, quai des Orfèvres et du Pont-Neuf, rue de la Cité, parvis Notre-Dame, pont d'Arcole, rue du Temple, rues de l'Entrepôt, de Lancry, des Récollets, faubourg Saint-Martin et rue de Flandre.

Société Edison. — Avenues de Saint-Ouen et de Clichy, rues de Clichy et de la Chaussée-d'Antin, les grands boulevards jusqu'à la rue Richelieu, la place de la Bourse, les rues Joquelet, Montmartre, les grands boulevards jusqu'à la rue du Faubourg-Saint-Denis, le commencement de la rue du Faubourg-Saint-Denis, le faubourg Poissonnière jusqu'à la rue d'Enghien, la rue Bergère, la rue du Faubourg-Montmartre, rue Grange-Batelière, rue Geoffroy-Marie, cité Trévise, rue Bleue, rue Lafayette, place Cadet, rue Rochechouart, boulevard Rochechouart, les rues Clignancourt, Ordener et du Mont-Cenis.

Société Marcel Deprez. — Les boulevards Ornano et Barbès, le boulevard Magenta, la place de Roubaix, la rue Dunkerque, le boulevard Denain, la rue du Faubourg-Saint-Denis, la rue d'Aboukir, la rue du Caire, le boulevard de Sébastopol, le boulevard Saint-Martin, la place de la République, la rue de la Douane, le quai de Valmy et la rue d'Allemagne.

Quant à la rive gauche, le boulevard Saint-Michel et le boulevard Saint-Germain seront prochainement éclairés par la Compagnie Victor Popp.

On peut remarquer que les divers réseaux empiètent les uns sur les autres, les compagnies n'ayant pas reçu un monopole, mais seulement le droit d'établir une canalisation.

Nous citerons comme exemple l'installation de la Société pour la transmission de la force par l'électricité (Société Marcel Deprez).

Cette compagnie, en vue de pouvoir alimenter simultanément par son réseau général le service des lampes à incandescence et celui des régulateurs à arc, tant de l'éclairage privé que de l'éclairage public, a adopté 120 volts comme tension uniforme de distribution aux bornes des lampes, ce qui permet de desservir indistinctement des lampes à incandescence étalonnées à 120 volts ou des arcs montés deux à deux en tension.

La canalisation de distribution de tout le secteur est reliée en ses différents points, de façon à présenter un réseau continu, alimenté par des feeders ou câbles nourrisseurs, partant des diverses usines ou postes distributeurs établis dans le périmètre concédé.

Un certain nombre de stations sont réparties dans l'étendue du secteur, de façon à venir en aide les unes aux autres, en cas d'avarie ou d'interruption dans le service survenue à l'une d'elles. Toutes les parties de la canalisation de distribution peuvent d'ailleurs être isolées, de façon à permettre toute réparation ou modification dans le reste de l'installation, sans interrompre le service d'une zone de plus de 100 mètres de façade. La canalisation est toujours en charge et la tension aux points de contact des feeders avec la distribution, maintenue à un point déterminé, grâce au contrôle de fils de retour aboutissant de ces points de contact aux tableaux de distribution et de réglage situés dans les diverses stations de distribution. Cette tension varie de 121 à 122 volts suivant les états de charge. La canalisation de distribution est calculée avec une perte de charge maxima de 1,5 volt pour l'intensité du régime complet.

La perte de charge extrême sur les feeders, qui correspond au maximum d'utilisation et au meilleur rendement économique de ces conducteurs, étant de 12 volts, la tension aux diverses stations peut être réglée suivant la consommation, entre 122 et 134 volts. A cet effet, ces stations sont pourvues d'importantes batteries d'accumulateurs, destinées à servir de régulateur et de réservoir d'énergie, qui, au moment de la période de plein allumage, viennent compléter le courant fourni directement par les dynamos. Dans la journée, ces machines ren-

dent aux accumulateurs l'énergie qu'ils ont dépensée pour l'éclairage.

Les stations que la Société a installées dans le périmètre qui lui a été concédé sont de deux ordres différents; les unes sont des stations *transformatrices*, recevant le courant à haute tension d'une usine primaire, placée à Saint-Ouen, et restituant cette énergie, grâce à l'emploi des réceptrices transformateurs, système Marcel Deprez, à la tension de distribution (134 volts au moment du fort allumage); les autres sont des usines productrices de courant à basse tension, avec installation complète de machines à vapeur et dynamos actionnées par ces moteurs. L'emploi de ces deux modes de production du courant nécessaire à la distribution pour l'éclairage a pour but, de même que le chevauchement des feeders des différentes usines, d'assurer d'une façon absolument parfaite le service général. L'usine primaire de Saint-Ouen, productrice du courant à haute tension, peut développer une énergie de 1500 chevaux électriques, répartis entre les stations de transformation du secteur de Paris et des communes de la banlieue où la Société est concessionnaire de l'éclairage électrique. Cette usine pourra être développée rapidement, de façon à atteindre une puissance de 10,000 chevaux électriques. La Société a fait établir encore deux importantes usines à vapeur, l'une rue de Bondy et l'autre rue des Filles-Dieu, pour desservir immédiatement la partie de son secteur avoisinant la ligne des boulevards, depuis la gare de l'Est jusqu'à la rue du Caire, en comprenant la ligne des boulevards Magenta, de Strasbourg, Sébastopol, Bonne-Nouvelle (côté nord), place de la République, rues et faubourgs Saint-Denis et Saint-Martin, c'est-à-dire de la zone où la densité d'éclairage est la plus grande.

Ces deux usines peuvent assurer le fonctionnement de 20,000 lampes, sans compter les 4,000 lampes des théâtres de la Renaissance, de la Porte-Saint-Martin, de l'Ambigu et des Folies-Dramatiques.

Dans le secteur de cette Société se trouve l'éclairage des boulevards entre la porte Saint-Denis et la place de la République, qui comporte actuellement 27 arcs de 10 ampères à titre d'essai; nous signalerons spécialement l'éclairage de la partie située entre la porte Saint-Martin et le théâtre de l'Ambigu, où les arcs, disposés à la fois sur les côtés et dans l'axe du boulevard Saint-Martin, donnent une idée très satisfaisante de l'effet qu'on peut obtenir pour l'éclairage public des boulevards de la grande ville, effet de beaucoup supérieur à celui résultant d'une simple file de régulateurs établis dans l'axe de la voie, qui laisse les bas-côtés dans une pénombre d'autant moins satisfaisante que la chaussée est plus éclairée. D'autre part la disposition adoptée pour les globes et lanternes de cet éclairage, par suite de la position du point lumineux, donne le maximum d'éclairement.

L'éclairage électrique en province et à l'étranger. — Un certain nombre de villes de France possèdent déjà l'éclairage électrique. Tours, Saint-Étienne, Nice possédaient déjà en 1887 des stations centrales; Reims, Angers, Dijon ont suivi cet exemple. A Tours on fait usage de transformateurs; c'est peut-être la première application importante de ces appareils en France. De petites villes telles que Bellegarde-sur-Valserine, Bourganeuf, la Roche-sur-Foron, Saint-Jean-de-Maurienne, Domfront, Châteaulin, etc., possèdent également l'éclairage électrique.

Berlin, Munich, Leipzig, Cologne, Londres, etc., et un grand nombre de villes américaines possèdent aussi des installations plus ou moins complètes d'éclairage électrique.

Éclairage de la ville de Genève. — La ville de Genève a utilisé pour son élairage les forces naturelles dont elle dispose. Un barrage à vannes mobiles, élevé dans le Rhône à la sortie du Léman, pour régulariser le niveau du lac, donne une chute qui produit une force motrice de plusieurs milliers de chevaux. Cette chute fait marcher des turbines qui actionnent des pompes. Un premier jeu de pompes distribue de l'eau à basse pression pour l'alimentation des habitations particulières et le service municipal. Un second jeu refoule l'eau dans un réservoir situé à 135 mètres au-dessus du lac, duquel part une canalisation à haute pression (13 atmosphères) qui distribue la force motrice. C'est cette eau à haute pression qui est utilisée par la station centrale d'électricité.

L'eau actionne des turbines horizontales, qui sont reliées directement aux dynamos par des manchons élastiques Raffard. Les dynamos sont du système Thury, à 6 pôles, de 100 volts chacune. Le collecteur porte quatre paires de balais, ce qui permet d'enlever, de changer, de régler une ou deux paires pendant la marche. Il n'y a pas trace d'étincelles aux brosses, même en pleine charge; chaque machine est munie d'un léger ventilateur, qui insuffle de l'air entre l'inducteur et l'induit et aussi à travers l'induit, ce qui permet d'augmenter beaucoup le débit, sans échauffement dangereux.

On a adopté le système de distribution directe du courant continu à trois conducteurs. Les câbles de distribution sont du système Siemens et Halske décrit plus haut. Cette distribution est faite par la Société d'appareillage électrique.

Éclairage de la ville d'Anvers. — L'éclairage de la ville d'Anvers, réalisé par la Compagnie générale d'électricité, comprend deux machines à vapeur du système Compound, de 400 chevaux chacune, alimentées par quatre chaudières multitubulaires inexplosibles, système de Naeyer, dont trois sont en activité à la fois.

Les dynamos sont du système Gulcher, à grand débit et à faible tension. La station étant assez éloignée, le courant est d'abord amené aux quartiers qu'on doit éclairer par un conducteur principal, long de 410 mètres, et formé de cinq câbles positifs et cinq négatifs. Chaque câble est formé de dix-neuf fils en toron ayant chacun 4,88 millimètres de diamètre. La section totale du groupe de câbles est 1775 millimètres carrés; l'intensité totale du courant est 1500 ampères. La perte en volts pour le débit total est de 12,30; la perte en chevaux de 28,73. La résistance totale à 15° est de 0,0082 ohms. La chute de potentiel aux extrémités du conducteur principal est constante et égale à 70 volts. La distribution secondaire constitue à peu près un rectangle dont on aurait rejoint le milieu des côtés; elle a été calculée pour une perte de 4 volts. Le reste de la distribution se fait par fils aériens en bronze phosphoreux. Les régulateurs à arc sont du système Gulcher, les lampes à incandescence du système Siemens et du système Lane-Fox. Chaque installation particulière est pourvue d'un compteur Ferranti.

Éclairage de l'Exposition universelle. — L'éclairage de l'Exposition de 1889 fut confié en partie à l'électricité et en partie au gaz. Les parties éclairées à la lumière électrique comprenaient :

1° *Espaces couverts :* galerie des machines; galerie de 30 mètres reliant le Palais des machines au Dôme central; Dôme central; galerie Rapp et galerie Desaix;

2° *Espaces découverts :* cours et avenues intérieures; jardin supérieur; jardin central; jardin inférieur; abords de la Seine.

Nous citerons en particulier l'éclairage du Palais des machines, qui constituait la partie la plus importante de l'installation; il comprenait : 1° une nef ayant 383 mètres de longueur, 114 mètres de largeur, 45 mètres de hauteur maximum et 43,662 mètres de surface; 2° une galerie de 18 mètres de largeur, et 8 mètr[es de] hauteur, régnant tout autour de la nef et pr[é]sentant une surface de 16,675 mètres carr[és]; 3° une galerie au premier étage, couvrant [la] précédente et ayant absolument les mêmes [di]mensions. La surface totale du palais est d'[en]viron 77,000 mètres carrés, près de 8 hecta[res] et son volume de 2 millions de mètres cubes.

L'éclairage de la nef était dû à deux sé[ries] d'appareils fonctionnant séparément ou sim[ul]tanément. La première série comprenait 4 l[us]tres, formés chacun de 12 régulateurs de 60 [am]pères brûlant à feu nu, et placés sur l'axe [du] palais, à 40 mètres de hauteur. Ces lust[res] étaient manœuvrés à l'aide de treuils fixés [sur] les fermes de la charpente, à la hauteur [du] premier étage. Ces régulateurs étaient grou[pés] par 3; leur réseau comprenait donc 16 circ[uits] de 60 ampères sous 200 volts.

La seconde série comprenait 86 régulat[eurs] de 25 ampères, munis de globes clairs, et pl[acés] à 15 mètres du sol, sur 5 rangs longitudin[aux] et 18 rangs transversaux. Enfin les deux ga[le]ries du rez-de-chaussée et du premier étag[e] reçu 276 régulateurs de 8 ampères, plac[és à] 5 mètres du plancher.

L'escalier placé sur l'axe transversal [du] palais, du côté de l'École militaire, était écla[iré] par 200 lampes Woodhouse et Rawson [de] 8 bougies, et les bureaux placés sous cet esca[lier] par 10 lampes de 250 bougies, installées p[ar] M. Garnot. L'escalier situé du côté de l'ave[nue] Suffren a reçu 300 lampes à incandescence [de] 8 bougies de la maison Jarriant, et l'escal[ier] opposé, placé près de l'avenue de Labourd[on]nais, 160 lampes de 8 bougies de MM. Crom[p]ton et Cie.

Éclairage de la tour Eiffel. — L'éclaira[ge] électrique de la tour Eiffel comprenait : à [la] partie supérieure, un phare dont la lampe éle[c]trique avait une intensité de 10,000 carc[els] invisible jusqu'à 1,500 mètres du pied de la Tour, ce feu envoyait ses rayons à une distance de 80 kilomètres. Cet appareil tournant port[ait] trois systèmes de lentilles, bleu, blanc, rou[ge]. La lampe recevait un courant de 100 ampères. La partie tournante du phare était mise en mouvement par un courant accessoire de [1] ampère. Sur la cinquième plate-forme, de 5,75 mètres de côté, placée un peu au-dessus du phare, à 290 mètres de hauteur, étaient installés 2 projecteurs Mangin, ayant chacun [un] foyer de 10,000 carcels et un miroir concav[e-]convexe, en verre argenté sur la face posté[rieure], de 0,90 m. de diamètre. Chaque pr[o-]

ecteur était posé sur une sorte de truc et pouvait se mouvoir tout autour de la plate-forme, sur une petite voie Decauville; ils pouvaient en outre tourner dans tous les sens. Un moteur de 35 chevaux actionnait 3 dynamos placées dans le pied sud-ouest de la Tour et dont les courants étaient portés aux 3 lampes par six câbles en fil de cuivre tressé non recouvert, soutenus par des isolateurs.

Éclairage des chantiers de construction, des exploitations agricoles, etc. — L'une des premières applications des régulateurs électriques a été l'éclairage des chantiers de construction, pendant la nuit, lorsqu'on veut faire avancer rapidement les travaux : citons notamment la reconstruction du Louvre, des magasins du Printemps, les travaux du pont Notre-Dame, etc. Le plus souvent on place la lampe au sommet d'un échafaudage en bois, et l'on renvoie, à l'aide d'un réflecteur, les rayons lumineux sur la partie qu'on veut éclairer. Une locomobile alimente la machine génératrice.

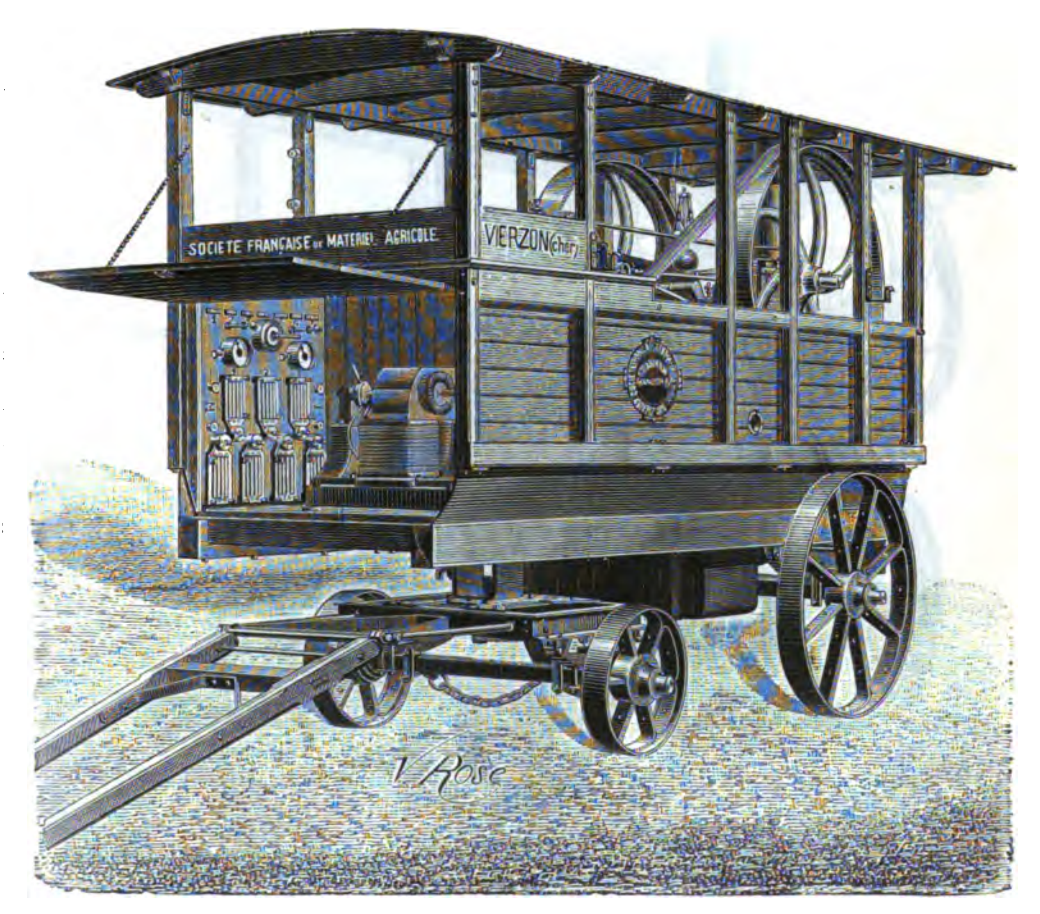


Fig. 243. — Voiture avec matériel mobile d'éclairage.

La lumière électrique peut rendre les mêmes services dans les exploitations agricoles, où souvent un retard de quelques heures peut faire perdre une récolte.

Des appareils spéciaux sont construits pour cet usage, notamment par la Société de matériel agricole de Vierzon (fig. 243).

Un chariot à quatre roues porte une machine à vapeur horizontale avec chaudière à foyer amovible et retour de flamme, qui actionne par l'intermédiaire d'une courroie une dynamo placée à l'avant, et séparée de la chaudière par une cloison pleine, pour la préserver des radiations calorifiques. Un autre compartiment reçoit des accumulateurs; au-dessus sont placés tous les accessoires, câbles, fils, lampes, etc. A côté de la dynamo est placé le tableau des communications, qui porte un am-

pèremètre, un voltmètre, une lampe témoin, et trois commutateurs à manette, qui permettent d'établir toutes les communications entre la machine, les accumulateurs et les lampes. Le modèle le plus ordinaire alimente 2 régulateurs de 80 carcels, et environ 50 lampes à incandescence de 16 bougies.

La figure 245 montre une disposition un peu différente. La machine à vapeur est verticale, avec chaudière à tubes pendentifs système F... Tout le mouvement est placé sur le devan... la chaudière, sous la main du mécanicien... caisse du matériel électrique est divisée en... compartiments séparés par des cloisons pl... celui de gauche à la partie inférieure re... accumulateurs; à l'étage supérieur sont p... tous les accessoires du service d'éclaira... câbles, fils, lampes, etc.; celui de droite...

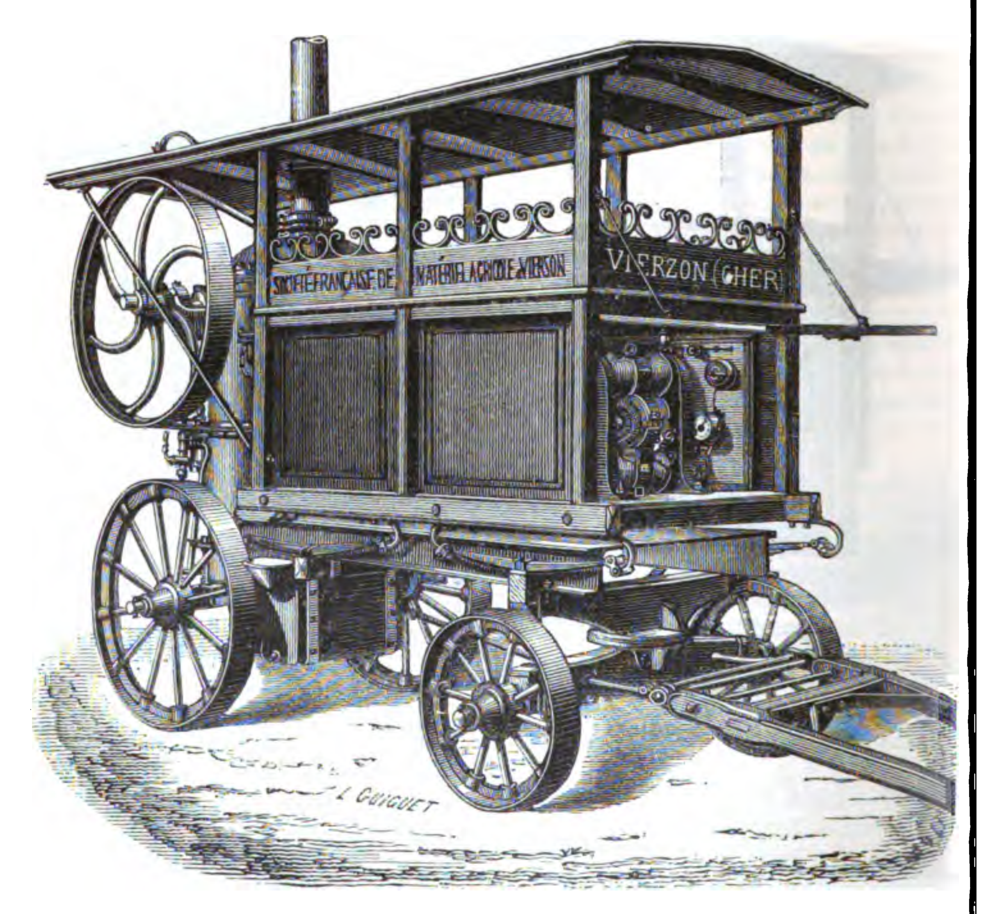


Fig. 244. — Locomobile avec machine à vapeur verticale.

tient la dynamo, qui est généralement du type Gramme, et le tableau des communications. Ce compartiment est fermé par un panneau mobile qu'on enlève pendant le fonctionnement pour surveiller la marche. Ce modèle est généralement construit pour alimenter 5 régulateurs de 80 carcels, ou bien 40 à 50 lampes à incandescence de 16 bougies, ou un éclairage équivalent formé avec les deux systèmes.

La figure 245 représente un appareil analogue construit par la maison Woodhouse et Rawson. Les lampes se placent sur des trépieds mob... (fig. 246).

La lumière électrique est appliquée, dep... 1883, à l'éclairage des bassins de radoub ... port d'Anvers; on peut ainsi travailler jour ... nuit, et diminuer beaucoup les frais de statio... nement supportés par les armateurs dont l... navires sont en réparation. Dans le même b... et en raison de l'insuffisance des formes d... radoub existant à cette époque, la ville d... Havre a fait installer, en avril 1884, un éclai...

age électrique fixe par la maison Sautter, ,emonnier et Cie, sous la direction de MM. Cazaan et Bricard et de l'administration des ponts t chaussées du Havre. Ces formes sont au nombre de quatre, dont trois situées au bassin de la Citadelle et la quatrième au bassin de l'Eure. Nous décrirons l'installation de cette dernière.

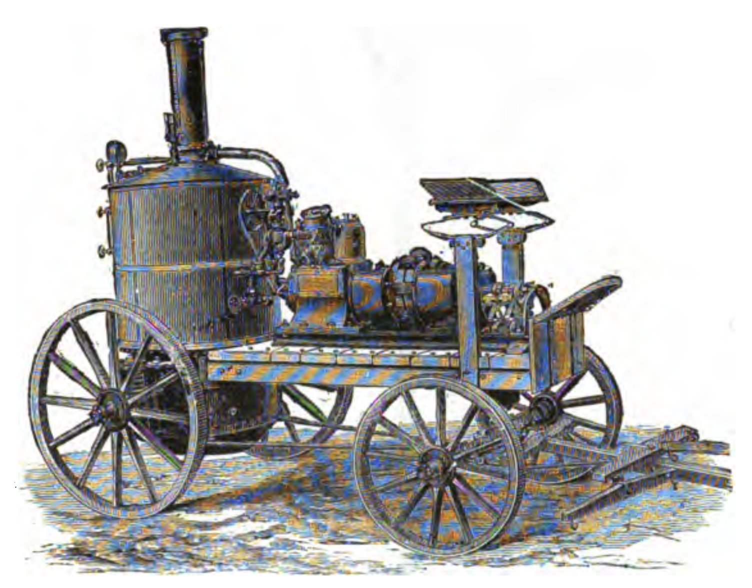


Fig. 245. — Locomobile électrique pour exploitations agricoles.

La longueur totale de cette forme est de ;0 mètres, sa largeur de 30 mètres et sa pro-

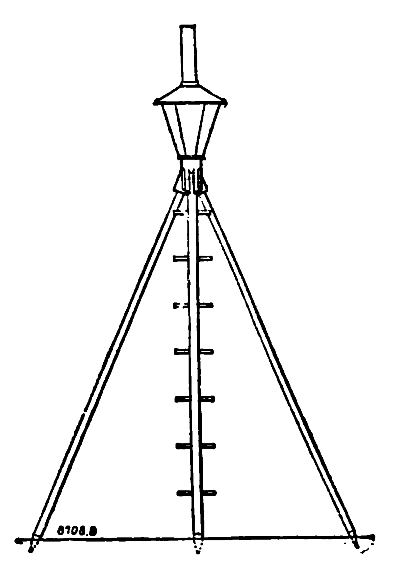


Fig. 246. — Support mobile pour lampe.

›ndeur de 10 mètres. L'éclairage devait être uffisant pour permettre : 1° les entrées et les orties des navires pendant la nuit; 2° les manutentions et approches des matériaux autour de la forme; 3° tous les travaux de visite et les réparations de toutes les parties de la coque du navire.

L'éclairage nécessaire pour les deux premières séries d'opérations est obtenu à l'aide de 6 lampes Gramme, de 500 carcels chacune, placées à 12 mètres au-dessus du sol, pour permettre d'éclairer un grand espace sans fatiguer la vue. Ces lampes sont enfermées dans des lanternes avec globe en verre, pour les protéger du vent et de la pluie. Elles sont supportées par des pylones de 13 mètres d'élévation, sur lesquels on peut les hisser à toute hauteur, depuis le fond de la cale jusqu'à 12 mètres au-dessus du sol. On peut ainsi éclairer facilement l'intérieur de la forme pour visiter et réparer les navires : il suffit de faire descendre les lampes dans la cale et de les maintenir, à l'aide d'amarres, dans les positions les plus avantageuses.

Les pylônes (fig. 247) sont des colonnes creuses en fonte, surmontées d'un bras en treillis de fer portant un grand abat-jour en tôle galvanisée. Ils portent à l'extérieur les attaches des circuits et à l'intérieur un tambour en fonte sur lequel s'enroule un câble à double

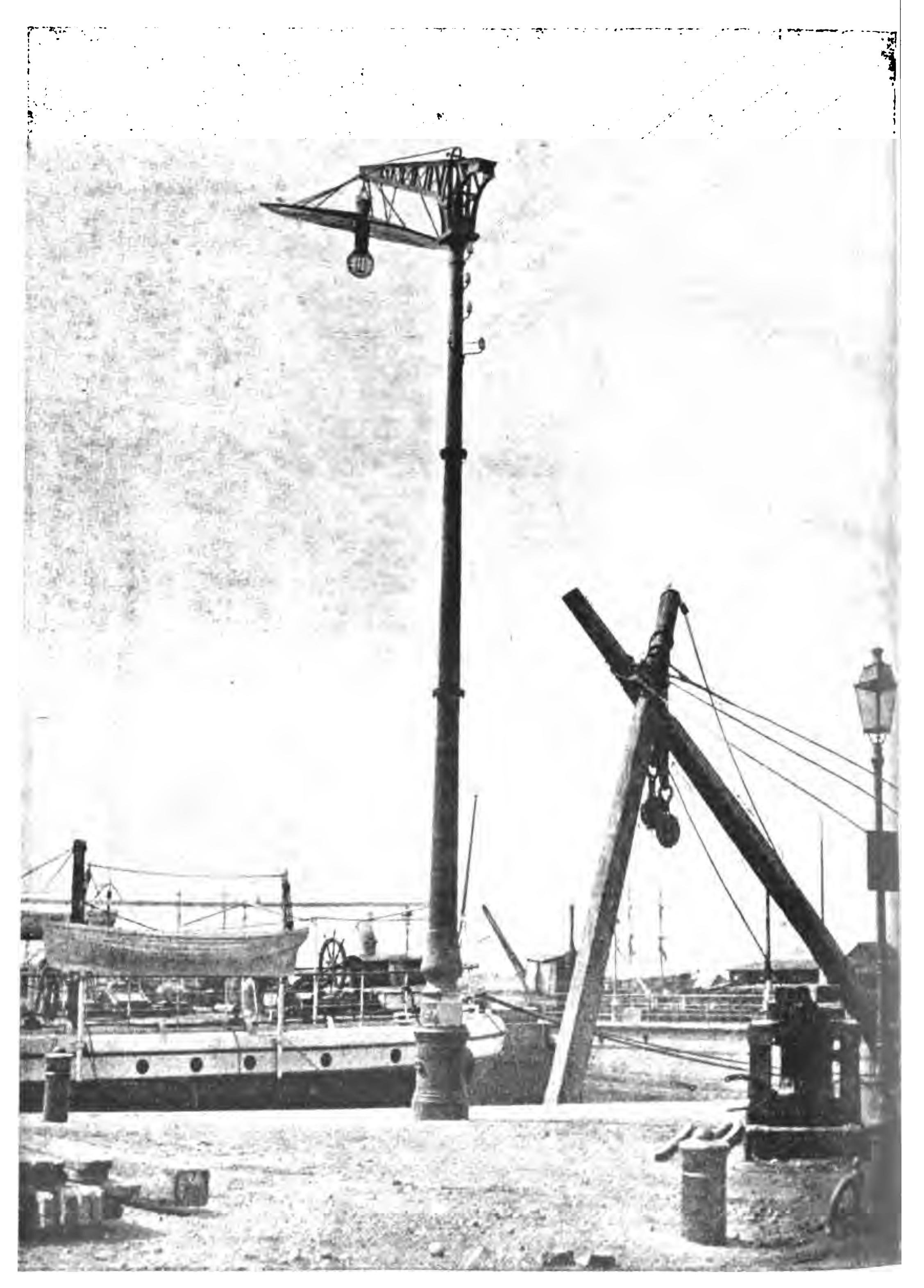


Fig. 247. — Éclairage à l'électricité des formes de radoub du Havre (d'après une photographie communiquée par MM. Sautter-Lemonnier).

conducteur, qui amène le courant jusqu'aux lampes, et sert aussi à les soutenir; en tournant ce treuil, on déroule le câble et on amène les lampes à la hauteur voulue. Au-dessous du tambour et abrités par un toit en zinc se trouvent un interrupteur automatique et une résistance équivalente à celle de la lampe, que le commutateur lui substitue lorsqu'elle s'éteint accidentellement ou volontairement. Deux autres commutateurs permettent, l'un de changer les charbons, l'autre d'enlever la lampe du circuit quand on ne veut pas l'allumer.

Ces régulateurs sont alimentés par deux dynamos Gramme de 24 ampères et 250 volts à la vitesse de 1,200 tours. En portant la vitesse à 1,500 tours, on peut alimenter 4 des foyers avec une seule machine. Normalement les lampes, montées en tension, sont divisées en deux circuits, dont chacun est commandé par l'une des machines.

Grâce à cette installation, les cuivrages et les travaux de carène peuvent se faire aussi bien de nuit que de jour. La fixité des lumières est remarquable; elle persiste même pendant qu'on abaisse ou qu'on relève la lampe.

Éclairage des navires. — Les principaux avantages de la lumière électrique pour les navires sont la lumière plus abondante et plus agréable, la facilité de service, la suppression des risques d'incendie, l'augmentation de bien-être pour les passagers et l'équipage, la puissance des feux de route augmentée, les signaux de nuit d'une transmission plus sûre et plus rapide, enfin l'économie. Les conditions essentielles sont à peu près les mêmes pour les grands paquebots des compagnies de transports et pour les grands bâtiments de guerre, si ce n'est que dans les navires marchands l'appareillage est un peu plus luxueux, et dans les navires de guerre la complication des circuits est un peu plus grande.

Le nombre des lampes nécessaires dépend des dimensions du bâtiment : il peut varier de 25 pour les torpilleurs de haute mer à 500 pour les grands transatlantiques.

Éclairage du cuirassé le « Richelieu ». — Cet éclairage, installé en 1884, comprend 227 lampes à incandescence Edison dont 211 de 8 bougies pour l'éclairage proprement dit et 16 de 30 bougies pour les feux de route, feux de position et signaux. Ces lampes sont divisées en 7 circuits, répondant chacun à un besoin spécial et partant d'un tableau de distribution placé près de la machine :

1° Circuit de jour;
2° Circuit de nuit;
3° Circuit de combat;
4° Circuit de la machine;
5° Circuit de mer;
6° Circuit des feux de route.
7° Circuit des feux de signaux.

Dans chaque circuit, un certain nombre de lampes, dont on n'a besoin qu'à certains moments, sont munies de commutateurs individuels. Les commutateurs des lampes placées dans les locaux habités par l'équipage sont munis de clefs, de façon que la manœuvre ne puisse en être faite que par celui qui en est chargé.

Les lampes destinées à l'éclairage sont fixées à des appareils dont la forme et la disposition varient avec les endroits à éclairer. Le fanal (fig. 248) est employé surtout dans les batteries



Fig. 248. — Fanal.

et autres postes de couchage. La lanterne-wagon (fig. 249) convient très bien à l'éclairage des



Fig. 249. — Lanterne-wagon.

coursives, des soutes, de certaines parties des machines, etc.

Il y a avantage en certains points à munir ces appareils d'un anneau et à les suspendre au moyen de trois chaînettes (fig. 250). Dans les

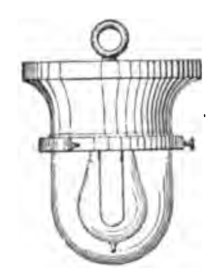
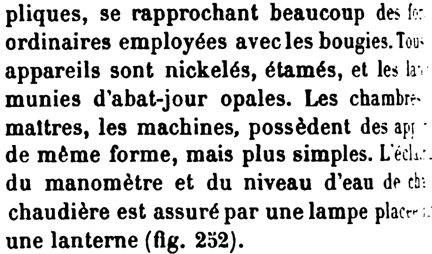


Fig. 250. — Lanterne-wagon suspendue.

chambres d'officiers, carrés et appartement de l'amiral, les supports ont la forme de bras, de suspensions droites (fig. 251), de lustres ou d'appliques, se rapprochant beaucoup des fo ordinaires employées avec les bougies. Tous appareils sont nickelés, étamés, et les la munies d'abat-jour opales. Les chambres maîtres, les machines, possèdent des app de même forme, mais plus simples. L'écl du manomètre et du niveau d'eau de ch chaudière est assuré par une lampe placée une lanterne (fig. 252).

Pour les soutes à poudre et à projectil a utilisé les guérites des anciens porte-bou



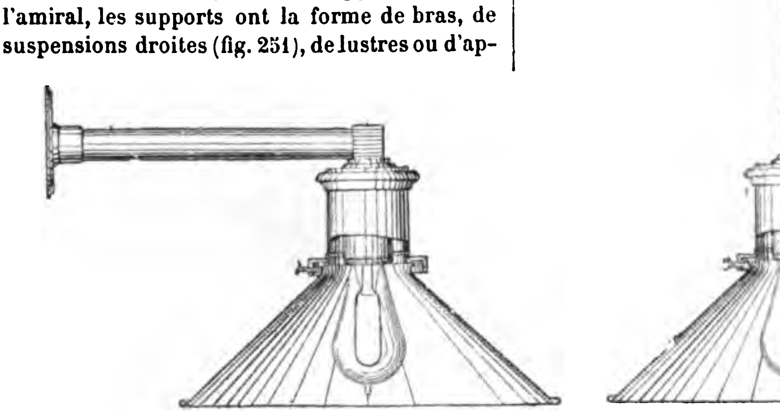


Fig. 251. — Bras et suspension.

la lampe est fixée à un petit socle en bois qui vient occuper la place du porte-bougie en face

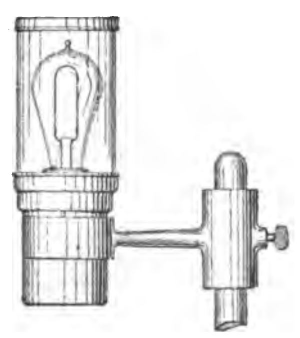


Fig. 252. — Lanterne de niveau d'eau.

du réflecteur. Un petit câble souple relie la lampe à deux bornes de prise de courant, de sorte qu'on peut les substituer facilement à la bougie, et *vice-versa*. Une disposition semblable a été adoptée pour les fanaux de route et les lampes de signaux ; mais les prises de cou étant placées à l'extérieur du navire, dans des boîtes étanches spéciales.

Partout des précautions particulières prises pour soustraire les lampes aux vibr dues aux mouvements des machines et au cousses causées par le tir du canon. Dans on a : 1° interposé entre les parois du et le point d'attache de chaque support rondelle en feutre de 10 à 15 mm. d'épais 2° relié chaque lampe à son support par l'i médiaire de deux petits socles en bois et ressort à boudin, qui amortit les chocs.

Les fils conducteurs, parfaitement isolés été partout posés sur des planches en fixées aux parois du navire ou passés dans tuyaux en métal, et, l'installation faite, assuré leur conservation en les recouvrant bois ; 48 coupe-circuits sont intercalés dans l'in tallation.

On peut éteindre un nombre quelconque lampes sans altérer l'intensité de celles

restent, et sans qu'il soit nécessaire d'introduire des résistances équivalentes: La machine règle elle-même automatiquement le débit; les variations du travail moteur qu'elle absorbe sont proportionnelles aux variations du nombre des lampes allumées. Malgré ces variations, la vitesse du moteur reste constante; elle est réglée par un régulateur différentiel spécial du système Mégy, agissant sur la détente de la vapeur.

La dynamo est une machine Gramme du type ID donnant 200 ampères et 50 volts environ; les électro-aimants sont excités en dérivation. Cette machine exige une puissance de 20 à 25 chevaux; elle est commandée par un moteur Mégy à grande vitesse.

Éclairage du paquebot-poste l'« Océanien ». — Nous joindrons à l'exemple précédent celui d'un paquebot de la compagnie des Messageries maritimes, installé par les mêmes constructeurs en 1886. Cette installation comprend 200 lampes à incandescence Edison de 10 bougies pour l'éclairage des salons, des cabines et des couloirs, 2 lampes de 20 bougies pour les soutes, et 3 lampes de 40 bougies pour les feux de route. Ces 5 dernières sont du type Woodhouse et Rawson. Un régulateur à arc de 150 carcels peut être hissé rapidement à l'extrémité d'une vergue pour l'embarquement ou pour toute autre opération exigeant un éclairage extérieur très intense.

Ces lampes sont alimentées par deux dynamos Gramme donnant chacune 118 ampères. Lorsque le nombre des lampes allumées devient assez faible, par exemple vers onze heures du soir, on ne laisse en fonction qu'une seule dynamo. Les dynamos sont compound, de sorte que l'intensité des lampes allumées reste constante, quel que soit leur nombre.

Chaque dynamo est actionnée directement, sans aucun intermédiaire, par un moteur Mégy à grande vitesse, muni d'un régulateur différentiel.

Éclairage du cuirassé l'« Indomptable ». — L'expérience a montré qu'il est bon de ne pas donner aux moteurs qui actionnent les dynamos dans les navires une vitesse supérieure à 350 tours par minute. Malgré les qualités remarquables du moteur Mégy, employé sur les navires cités ci-dessus, les machines à très grande vitesse, qui conviennent parfaitement pour des services accessoires d'une faible durée, semblent peu propres à un service aussi constant et d'aussi longue durée que l'éclairage d'un navire. Aussi MM. Sautter, Lemonnier et C[ie] ont-ils adopté de préférence pour le croiseur japonais *l'Unébi*, puis pour le cuirassé *l'Indomptable*, installé en 1887, une machine faisant 350 tours par minute, et actionnant directement la dynamo.

Ce moteur, du type pilon (fig. 253) est à deux cylindres compound, fonctionnant à volonté, avec échappement à air libre ou à condensation. Il a une puissance nominale de 20 chevaux effectifs à 3 kilogr. de pression. Afin de réduire le poids au minimum, les cylindres et le bâti seuls sont en fonte, tous les autres organes en bronze ou en acier. L'examen du dessin montre que tous les organes sont bien en vue et facilement accessibles même pendant la marche; tous les coussinets, en bronze phosphoreux ou garnis de métal antifriction, sont à rattrapage de jeu.

La distribution est faite dans le grand cylindre par un seul tiroir et dans le petit cylindre par un tiroir double à détente variable; on peut ainsi, avec un réglage convenable, fonctionner toujours dans les conditions les plus économiques de consommation de vapeur, soit à condensation, soit à échappement libre.

Le régulateur de vitesse est particulièrement sensible; il est de plus disposé de telle sorte que pendant la marche on peut faire varier l'allure normale du moteur.

Le moteur et la dynamo sont montés dans le prolongement l'un de l'autre sur un châssis commun en fer à double T, qui sert en même temps de bâti aux organes de la dynamo. L'accouplement est fait par un manchon flexible à ressorts, entièrement métallique, dispensant de prendre au montage à bord les précautions minutieuses qu'exigerait un accouplement rigide.

L'essai de consommation des moteurs à vapeur a indiqué en moyenne 9,5 kilogr. d'eau par heure et par cheval effectif mesuré au frein. Pression de vapeur 3 kilogr.; condensation 0,60.

La dynamo Gramme est du genre *duplex*, c'est-à-dire à deux paires de pôles. L'induit a ses sections couplées deux à deux en quantité. Les électro-aimants sont à excitation compound. Toute la partie supérieure de la dynamo peut s'enlever, de manière à permettre en quelques instants le remplacement de l'arbre et de sa bobine. Cette machine peut donner de 1 à 150 ampères avec une différence de potentiel aux bornes de 66 volts.

L'éclairage de l'*Indomptable* comprend deux ensembles identiques, dont l'un peut alimenter 8 projecteurs de 500 becs et de 0,40 m. de diamètre avec 45° de divergence, c'est-à-dire éclairer tout l'horizon, pendant que l'autre illumine les 225 lampes à incandescence de 10 bougies

destinées à l'éclairage intérieur; en raison de leur identité, l'un de ces ensembles peut se substituer à l'autre, dans l'un quelconque de ces deux services différents.

Éclairage des croiseurs le « Davout » et le « Suchet ». — Les dispositions employées pour l'*Indomptable* ne pouvaient convenir à ces croiseurs, car, dans ce cas, les ensembles devaient être installés sous le pont cuirassé, contre le bordage, et la hauteur disponible était seulement de 1 mètre au point ou le pont rencontre la paroi; cette condition excluait l'emploi de moteurs pilons. D'ailleurs le programme tracé par la Marine limitait à 350 tours la vitesse de rotation, et demandait une consommation de vapeur aussi économique que celle des moteurs pilons compound.

Pour réaliser ce programme, MM. Sautter, Lemonnier et Cie, ont fait usage d'un moteur Woolt tandem. Les deux cylindres sont sur le prolongement l'un de l'autre, le cylindre postérieur en porte-à-faux. Le cylindre antérieur est porté

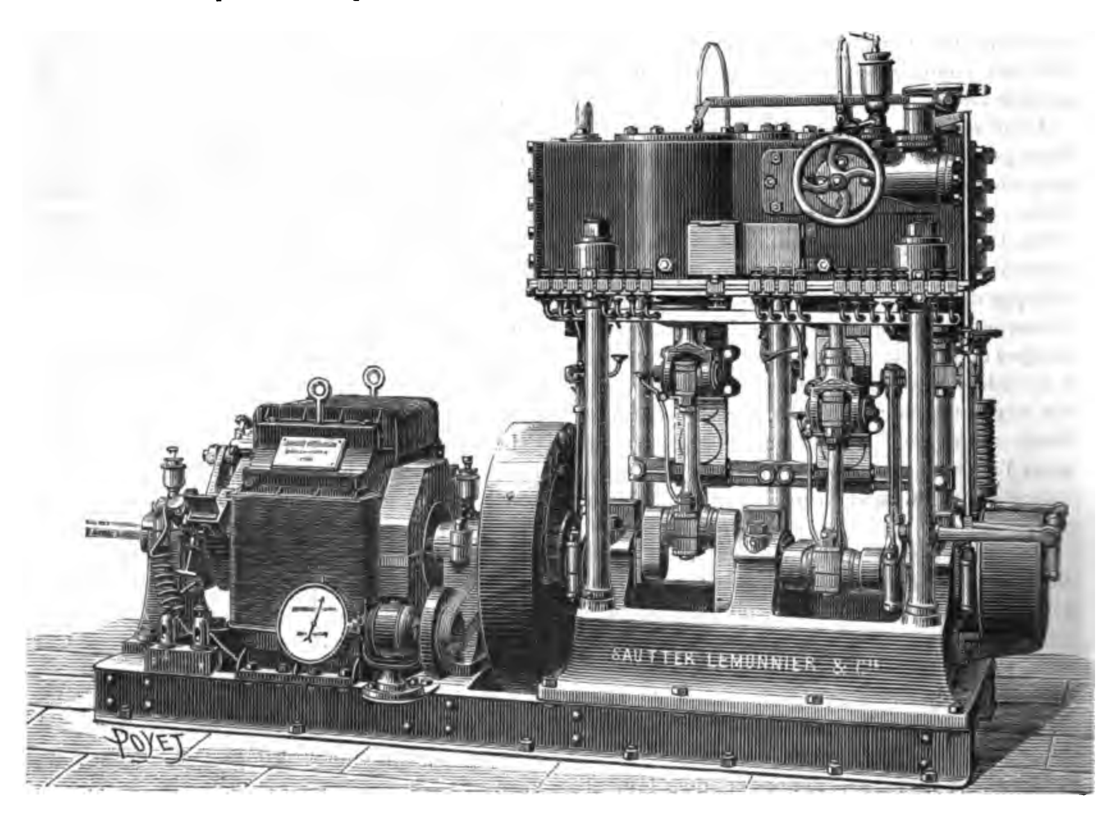


Fig. 253. — Moteur pilon et dynamo Duplex de l'*Indomptable.*

par un bâti en fonte qui reçoit à l'autre extrémité l'arbre de couche. Les cylindres ont tous deux des enveloppes de vapeur; le plus petit est à détente variable. Les dimensions d'encombrement sont : 2,40 m. en longueur, 1,60 m. en largeur, 0,90 m. en hauteur.

La dynamo, du type Gramme, est à deux pôles. L'induit est monté sur l'arbre même du moteur, prolongé à cet effet. Les électro-aimants sont portés par un bâti en fonte boulonné contre celui du moteur. L'accès étant impossible du côté du bordage, on a pris toutes les précautions nécessaires pour pouvoir faire les manœuvres et même démonter toutes les pièces du côté de la dynamo, sans déplacer l'ensemble.

La dynamo peut fournir 200 ampères et 70 volts à la vitesse de 350 tours par minute. La consommation de vapeur est de 10 kilogrammes par cheval-heure.

Éclairage du « Hoche ». — Le cuirassé de premier rang le *Hoche*, qui vient d'être achevé à Lorient, est muni d'un éclairage électrique comprenant :

1° 6 projecteurs de 60 centimètres, munis chacun d'une lampe à arc prenant de 65 à

75 ampères, et dont la puissance lumineuse est de 3 000 becs;

2° L'éclairage extérieur formé de : 14 lampes à incandescence de 50 bougies. 65 volts : 23 lampes à incandescence de 32 bougies, 65 volts :

3° L'éclairage intérieur obtenu par : 350 lampes à incandescence de 10 bougies, 65 volts.

Quatre groupes de dynamos Desroziers fournissent le courant électrique nécessaire à l'alimentation de ces foyers. Chacun des groupes peut donner 200 ampères et 70 volts à la vitesse de 350 tours. Les moteurs, construits par la maison Breguet, sont compounds, du type dit pilon.

Ils sont réunis aux dynamos par l'intermédiaire de l'accouplement élastique, système

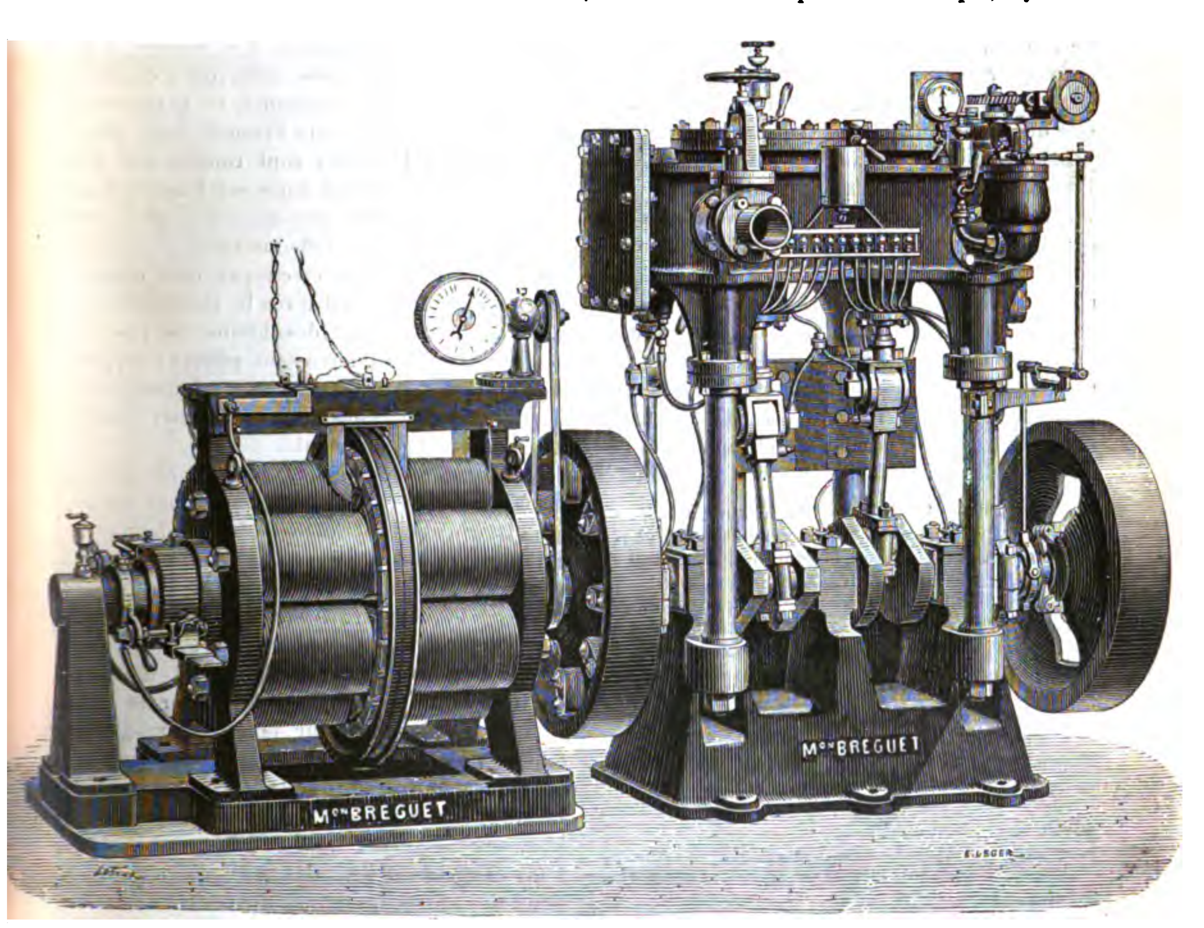


Fig. 254. — Dynamo Desroziers accouplée avec un moteur pilon.

Raffard, qui est formé essentiellement de deux plateaux réunis par des bagues en caoutchouc. La figure 254 représente un de ces ensembles.

Le *Hoche* est muni de deux tableaux de distribution, tous deux identiques et prêts à fonctionner à un moment quelconque. L'un d'eux servira seulement en cas d'avarie au compartiment qui renferme l'autre. Chacun porte : un voltmètre Breguet sans aimant; 4 ampèremètres Carpentier avec fiches de court circuit; 17 commutateurs à quatre directions correspondant aux quatre dynamos; 17 coupe-circuit doubles principaux.

La canalisation est faite presque entièrement sous bois. Les caissons facilitent les recherches et les réparations en cas d'avarie.

L'éclairage extérieur comprend :

1° *Les Signaux :* lampes de 32 bougies fixées le long d'un galhauban qu'on hisse au moment voulu au haut d'un des grands mâts. Le courant, pour arriver aux lampes, passe par le ma-

nipulateur, appareil destiné à préparer, exécuter, lire et éteindre le signal.

2° *Les Feux* de route, position, mouillage, remorquage : lampes de 32 bougies, enfermées dans des fanaux réglementaires. Le courant qui alimente ces lampes passe par l'avertisseur, appareil qui prévient le bord de l'extinction anormale de l'un de ces feux.

3° *Les Réflecteurs*, destinés à éclairer vivement le pont pendant une manœuvre de nuit. Le *Hoche* a deux réflecteurs, composés chacun d'un foyer de 7 lampes de 50 bougies. Ces appareils peuvent être fixés en un point quelconque du pont principal.

Éclairage des canaux de navigation. — Un exemple intéressant nous est fourni par l'installation effectuée par la Compagnie du canal de Suez pour permettre la traversée du canal pendant la nuit (fig. 255). Après deux ans d'études, la Compagnie put, à la fin de l'année 1885, autoriser les bâtiments remplissant certaines conditions de navigabilité et d'éclairage électrique à naviguer de nuit entre Port-Saïd et le kilomètre 54. Un règlement relatif à la marche de nuit prescrivit les conditions nécessaires; voici les principales.

« Art. 1er. — A partir du 1er décembre 1885, et jusqu'à nouvel ordre, les bâtiments de guerre et les navires postaux pourront être autorisés à marcher de nuit dans le Canal entre Port-Saïd et le kilomètre 54 (mille 29,5) dans les mêmes conditions que celles établies pour la navigation de jour et en se soumettant aux dispositions ci-après :

Art. 2. — Les bâtiments de guerre et les navires postaux, qui auraient l'intention de transiter de nuit de Port-Saïd au kilomètre 54 et *vice versa*, devront avoir fait constater à Port-Saïd, à Ismaïlia ou à Port-Tewfik, par les agents de la Compagnie, qu'ils sont munis des appareils suivants :

1° A l'avant : Un projecteur électrique d'une portée de 1,200 mètres;

2° A l'arrière : Une lampe électrique capable d'éclairer un champ circulaire de 200 à 300 mètres de diamètre;

3° Sur chaque flanc une lampe électrique avec réflecteur. »

Dans le courant du mois d'avril 1886, plusieurs bateaux, convenablement disposés, ont transité de nuit de Port-Saïd à Ismaïlia avec un plein succès, et ont passé en seize à dix-huit heures d'une mer à l'autre, gagnant ainsi dix-huit à vingt heures sur le temps moyen nécessaire au trajet.

Pour fournir aux pilotes des points de repère qui leur permettent de maintenir le bâtiment dans l'axe du canal, on a disposé le long de celui-ci des signaux lumineux, consistant en feux et en bouées. En face de chacune des gares, c'est-à-dire à des distances de 5 à 6 milles, sont placés des feux de direction, blancs, qui se voient de chaque côté jusqu'à une distance de 7 à 8 milles. De cette façon un navire, arrivant à 1 mille de distance du feu le plus rapproché, aperçoit le feu suivant, sur lequel il prend dès lors sa direction. Ces feux de direction, formés d'une lampe à pétrole munie d'un appareil optique, sont portés par des pylones en fer, qui peuvent recevoir aussi des feux destinés aux signaux. Les bouées à gaz Pintsch sont des bouées ordinaires, chargées de gaz carburé et comprimé, et surmontées d'un appareil optique de Fresnel, dans lequel brûle ce gaz. Les feux sont rouges sur l'un des bords du chenal et verts sur l'autre. Nous n'insisterons pas sur ces appareils, qui n'ont rien de commun avec l'électricité.

Quant à l'éclairage électrique que doivent posséder les navires, d'après le règlement cité plus haut, la plupart des bâtiments postaux et des navires de guerre sont pourvus de projecteurs, ou d'une installation d'éclairage électrique intérieur, pouvant s'approprier facilement au passage du canal.

La Compagnie péninsulaire Orientale emploie un matériel affecté exclusivement à cet usage, et formé d'appareils amovibles, que le navire embarque à son arrivée à Port-Saïd ou à Suez et débarque avant de quitter Suez ou Port-Saïd. Ce matériel, construit par MM. Sautter, Lemonnier et Cie, comprend d'abord une dynamo Gramme à enroulement compound donnant 70 volts et 75 ampères dont 45 pour le projecteur d'avant, 14 pour le feu d'arrière et 8 pour chaque feu de côté. Un moteur Brotherhood commande directement cette dynamo. Le courant se divise en quatre dérivations, affectées chacune à l'un des foyers; les conducteurs sont enroulés sur des tambours, enfermés dans une caisse qu'on installe à bord avec les moteurs.

Le projecteur d'avant est du système Mangin; il a 0,40 m. de diamètre. Il se place à 3 mètres au-dessus du niveau de l'eau, sur un plancher mobile que l'on installe au devant de l'étrave; sur ce plancher se tient une personne en communication téléphonique avec le pilote, et chargée de rapprocher à la main les charbons de l'arc voltaïque et de faire varier la direction du faisceau lorsque c'est nécessaire. Le feu d'arrière est formé d'une lampe électrique rustique enfermée dans une lanterne métallique, portant une disposition optique qui donne la divergence convenable; le tout est

suspendu à 3 mètres au-dessus de l'eau, et l'on peut, du pont, faire varier la direction du faisceau. Les feux de côté présentent une disposition analogue. Ils sont placés au milieu du

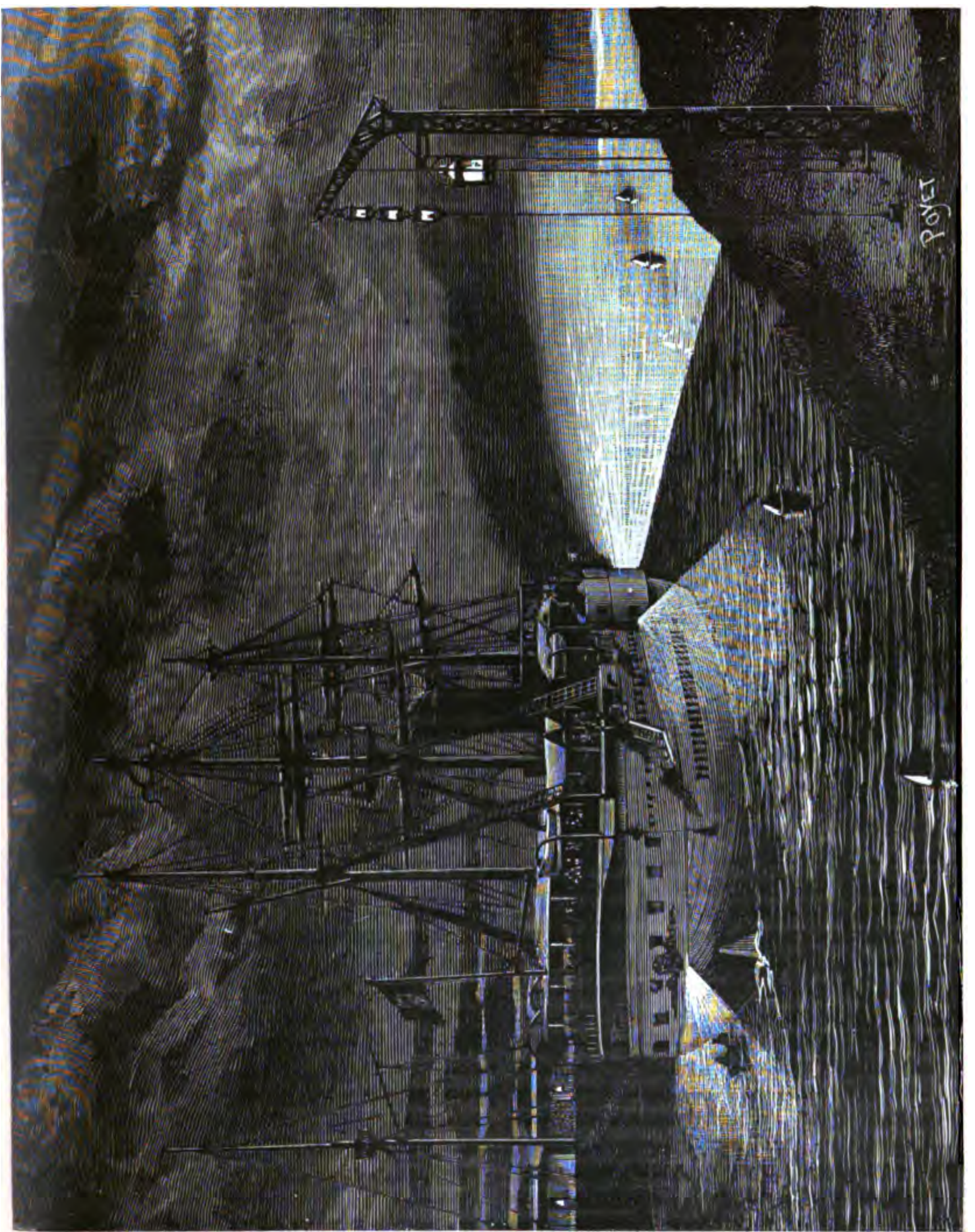


Fig. 255. — Navire traversant pendant la nuit le canal de Suez, au moyen de l'éclairage électrique (Fig. communiquée par MM. Sautter Lemonnier).

navire, un peu en avant de la passerelle, et servent à éclairer les navires que l'on croise dans les gares.

Éclairage des phares. — Voy. PHARES ÉLECTRIQUES.

Éclairage sous-marin. — La lumière électri-

que, n'étant pas due à une combustion, et n'ayant par suite aucun besoin d'oxygène, se prête parfaitement à l'exploration des profondeurs de la mer. La lampe sous-marine de M. Trouvé est une forte lampe à incandescence, enfermée dans un manchon en verre hermétiquement clos (fig. 256) et communiquant par deux conducteurs avec une pile au bichromate placée dans l'embarcation qui porte les pompes destinées à envoyer de l'air respirable au plongeur.



Fig. 256. — Lampe sous-marine.

Éclairage des champs de bataille et des opérations militaires. — Malgré quelques essais tentés en 1859 lors de la guerre d'Italie, on peut dire que les premières applications pratiques de l'éclairage électrique à l'art de la guerre datent du siège de Paris en 1870. Mais les moyens de produire la lumière (piles et machines de l'Alliance) et de la projeter au loin étaient alors hors de proportion avec la portée des engins d'artillerie, et d'ailleurs les attaques de vive force furent extrêmement rares. Depuis cette époque, on a perfectionné les premiers appareils et l'on possède aujourd'hui des dispositions capables de rendre de grands services en cas de guerre.

L'appareil électrique ordinairement employé à la guerre est le projecteur. Le modèle en usage dans l'armée française est le projecteur Mangin (Voy. ce mot); mais cet appareil, qui peut être installé à poste fixe dans certains cas, pour la défense des places et des côtes, doit souvent au contraire être rendu mobile. Le projecteur est alimenté par une dynamo Gramme, à électro-aimants plats, qui peut donner 2 500 carcels, lorsqu'elle est couplée en tension, et 4 500 quand elle est couplée en quantité. Cette dynamo peut être disposée sur un chariot en fer à quatre roues (fig. 257), qui porte également un moteur Brotherood et une chaudière Field. Le projecteur, qui a 0,60 m. de diamètre, est monté sur un chariot à deux roues, qui porte aussi le câble conducteur. Pour le service, le projecteur peut être descendu et placé sur un socle léger en treillis; quatre hommes peuvent alors le transporter facilement.

MM. Sautter, Lemonnier et Cie ont présenté à la Conférence internationale des Sociétés de secours aux blessés militaires, en 1884, un appareil dans lequel tout le matériel nécessaire à l'exploration du champ de bataille est placé sur un seul chariot à quatre roues (fig. 258). Ce matériel se compose d'une chaudière Field, timbrée à 6 kilogr., d'une dynamo Gramme pouvant donner une lumière de 60 carcels, commandée directement par un moteur Brotherhood à trois cylindres, qui tourne aussi vite qu'elle, à une vitesse de 900 tours par minute; cette disposition, sans aucun intermédiaire entre le moteur et la machine dynamo, a l'avantage d'être extrêmement rustique, insensible aux influences atmosphériques, et de fonctionner aussi bien par les temps de pluie et de brume que par les temps secs, sécurité que l'on ne saurait atteindre avec une transmission par courroie; elle constitue de plus, sous un petit volume, un ensemble léger et puissant.

Un tachymètre indique à chaque instant la vitesse de la machine, et établit pour le chauffeur un guide parfaitement sûr de l'allure de l'appareil; devant cet ensemble de la machine à vapeur et de la dynamo, se dresse l'appareil de projection, posé sur le chariot pour le transport; il est, pour sa mise en œuvre, porté à bras d'homme sur le terrain à 50 ou 100 mètres de l'appareil générateur d'électricité; on le place sur un socle en treillis très léger, qu'un homme détache de l'avant de la voiture et emporte sous son bras jusqu'au poste choisi.

Le chariot porte encore à l'avant, enroulé sur

un tambour mobile, le câble à double conducteur qui doit être étendu sur le sol pour établir la connexion entre la machine électrique et sa lampe.

Cet ensemble pèse 2,000 kilos; il peut être traîné par deux chevaux.

Des expériences fort intéressantes, instituées

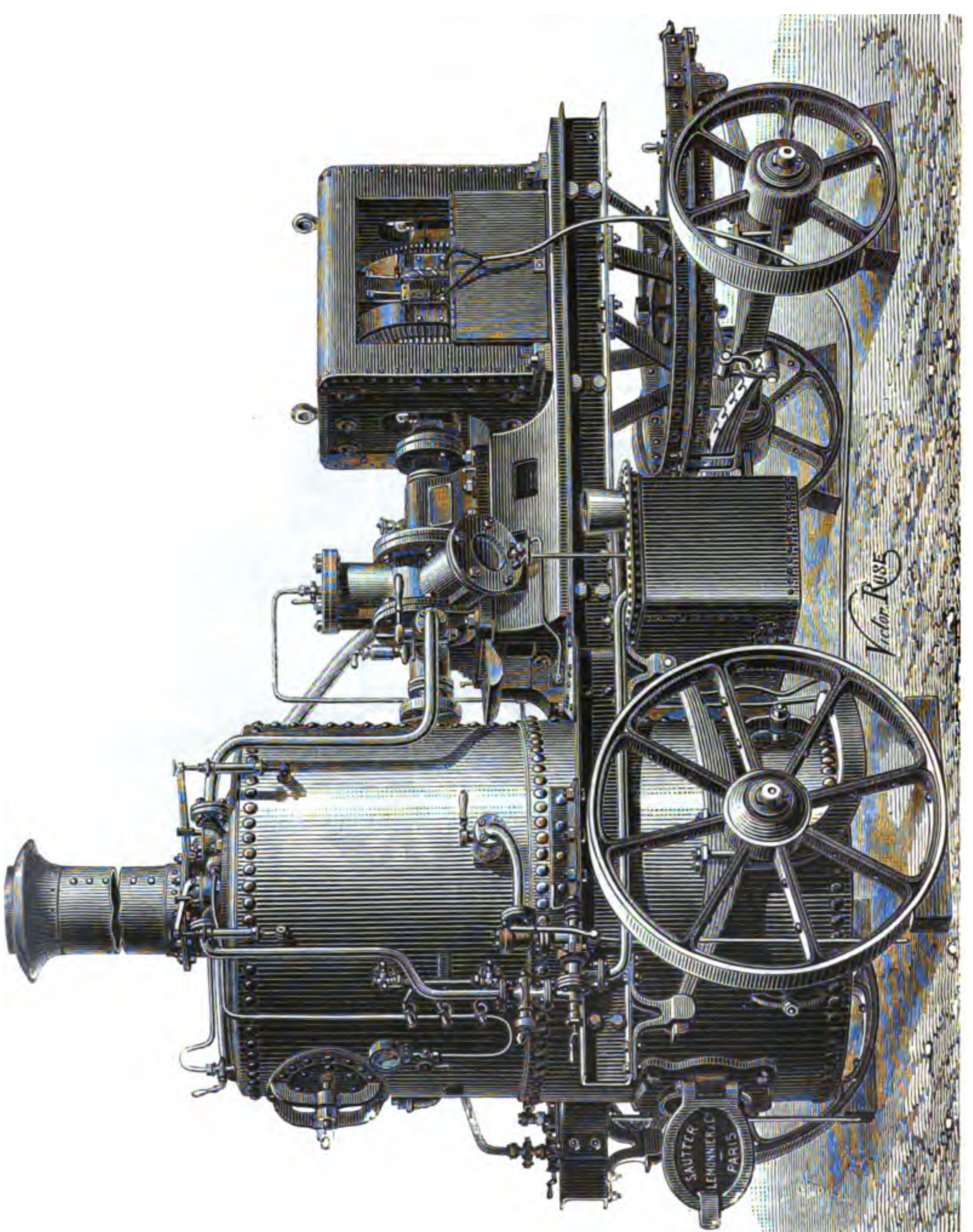


Fig. 257. — Locomobile à lumière.

à Cherbourg et à Toulon, ont montré l'utilité de la lumière électrique pour la défense des côtes. A Toulon, on obtint une portée maximum de 9,500 mètres. En étalant le faisceau par un système divergent, on obtint, à 3,000 et 3,500 mètres un champ de plus de 200 mètres de longueur, suffisamment éclairé pour rendre faciles toutes les opérations de l'artillerie.

Éclairage des carrières, des mines et des milieux explosifs. — Dès 1863, les ardoisières d'Angers reçurent un éclairage électrique alimenté par des machines de l'Alliance; on remplaça ensuite ces machines par une dynamo Gramme, alimentant deux régulateurs Serrin, qui fonctionnent nuit et jour.

Pour les mines et les milieux explosifs, de nombreux accidents ont montré l'insuffisance de la lampe Davy. La lumière électrique possède seule dans ce cas l'avantage inestimable d'écarter les risques d'explosion et d'incendie. On a essayé récemment en Angleterre d'établir dans les mines une installation complète d'é-



Fig. 258. — Appareil pour l'éclairage des champs de bataille.

clairage par l'incandescence; mais ces tentatives ne sont encore qu'à l'état d'essai. Il existe un certain nombre de lampes électriques portatives destinées à cet usage. G. Planté, dès 1881, y avait adapté ses accumulateurs. Deux éléments placés dans des vases d'ébonite (on les a figurés en verre pour laisser voir l'intérieur) alimentent une petite lampe Swan qu'on peut entourer d'une toile métallique ou d'une éprouvette pleine d'eau, pour éviter les accidents en cas de rupture (fig. 259). Pour charger les accumulateurs, on serre les boutons CC' qui les associent en quantité, et l'on pousse les boutons BB' qui appuient sur les ressorts *bb'* représentés à part, et communiquant avec les pôles du générateur. Pour allumer la lampe, on desserre ces boutons et on serre DD'; le premier réunit les éléments en tension; le second établit la communication avec la lampe.

M. Edison a imaginé aussi une lampe à incan-

scence qui peut se suspendre aux parois des leries. Dans le modèle de M. Swan (fig. 260), quatre accumulateurs, groupés dans un bloc de gutta-percha, peuvent fournir 1,3 bougie pen-

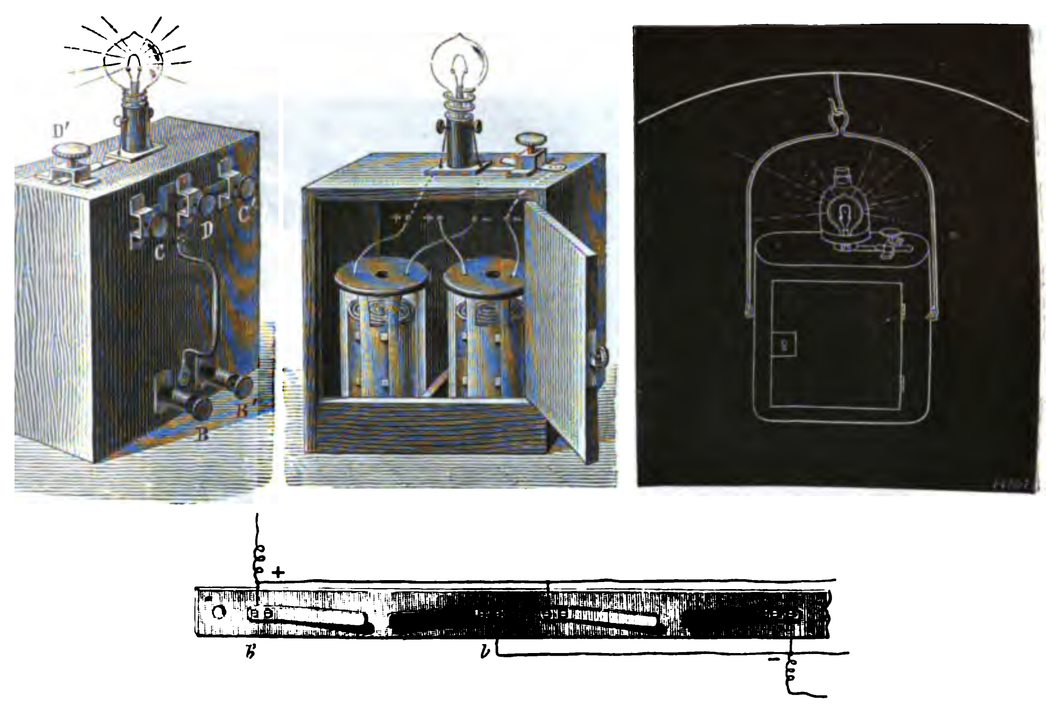


Fig. 259. — Lanterne électrique de Planté.

lant 10 heures. Les éléments sont formés de ylindres en peroxyde de plomb. Ce modèle est très employé dans les mines d'Angleterre. Les lampes des inspecteurs portent en outre un in-

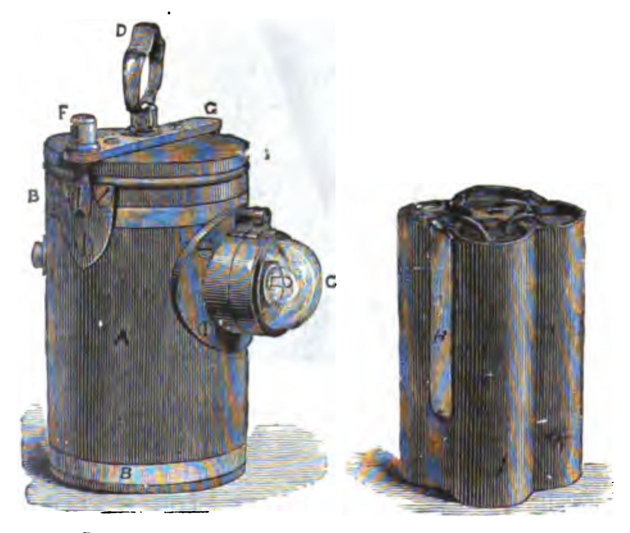


Fig. 260. — Lampe Swan pour mineur avec son accumulateur.



Fig. 261. — Lampe pour mineur (Woodhouse et Rawson).

dicateur de grisou, fondé sur la réduction de volume que subit en se combinant un mélange d'air et de grisou. On laisse pénétrer le gaz dans un petit tube, qu'on ferme par un robinet et

qui contient un petit fil de platine, qu'on fait rougir ensuite par le courant. Un liquide coloré vient combler le vide, et son niveau indique la proportion de grisou contenue dans l'air.

La lampe de MM. Woodhouse et Raws… encore alimentée par un accumulateur, p… dans une boîte en chêne (fig. 261), et peut … rer pendant seize heures.

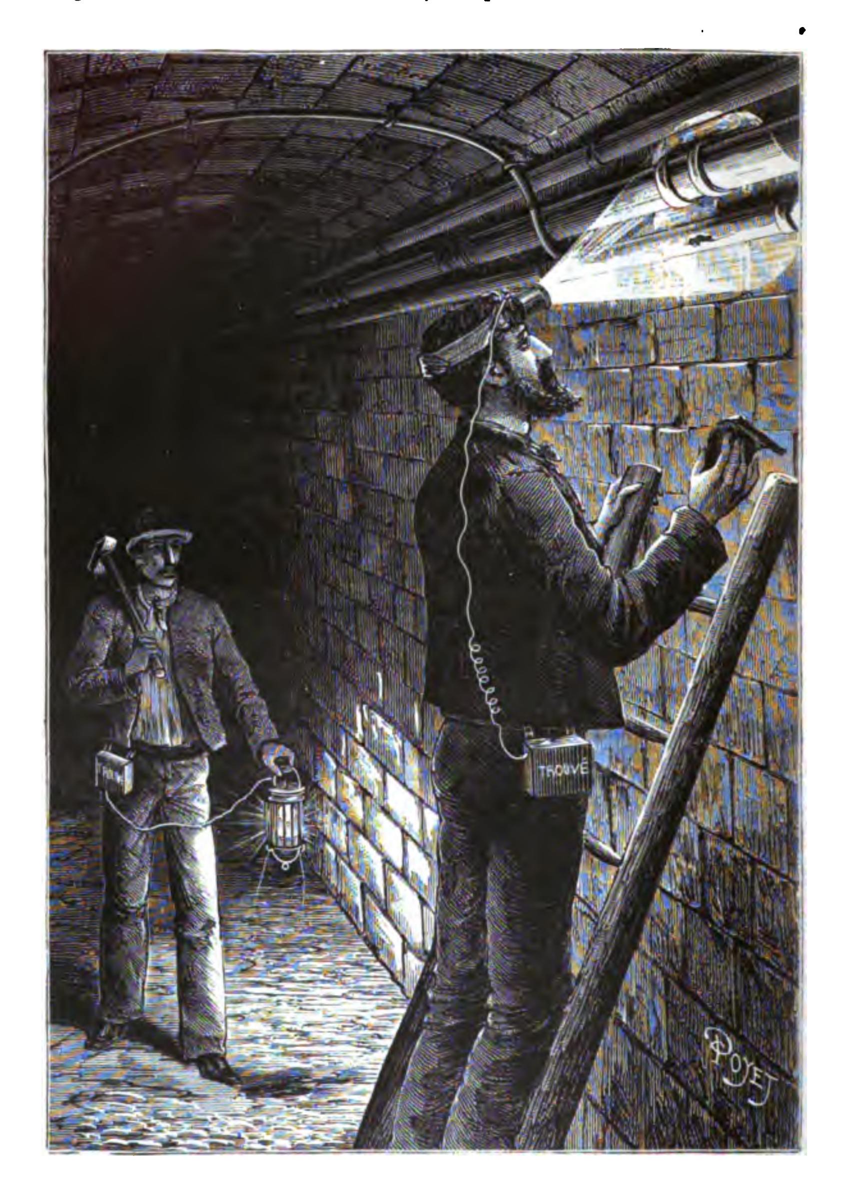


Fig. 262. — Lampe électrique pour pénétrer dans les milieux explosifs.

MM. Schanschieff, Walker, Pitkin, Waughson, etc., ont construit des lampes analogues alimentées par des piles.

M. Trouvé a imaginé plusieurs lampes portatives (Voy. ce mot) qui peuvent servir pour les mines. Citons notamment le *photophore*, que nous décrivons plus loin, et qui est alimenté par une petite pile portée en sautoir. Il peut être ten… la main ou se fixer sur le front (fig. 262). Ce p… instrument est employé à l'Observatoire d… Paris pour relever la nuit les indications d… instruments, sur les navires de guerre pour u… usage analogue, par la Compagnie du gaz p… visiter les gazomètres, etc. Il peut servir …

même à pénétrer dans tous les lieux qui peuvent renfermer un mélange explosif.

Nous indiquerons enfin des dispositions électriques destinées à assurer la fermeture absolue de la petite lampe de Davy, employée ordinairement dans les mines. En 1874, M. Villiers avait imaginé l'emploi d'un verrou solidaire d'une armature de fer doux en forme de fer à cheval. La lampe ne pouvait s'ouvrir qu'avec un aimant; on la plaçait pour cela sur un électro-aimant excité par une machine magnéto-électrique de Gramme.

M. Raffard a rendu la manœuvre beaucoup plus rapide en se servant d'un aimant ordinaire. Un ouvrier peut alors ouvrir facilement 30 lampes par minute, au lieu de 3 ou 4.

ÉCRAN ÉLECTRIQUE. — Il résulte de la manière dont se distribue l'électricité à la surface d'un conducteur qu'il n'y a à l'intérieur ni électricité ni action électrique; l'électricité, répandue uniquement sur la surface extérieure, forme une couche en équilibre, sans action sur les points intérieurs. Un corps placé à l'intérieur d'un conducteur est donc entouré d'une sorte d'*écran* qui le soustrait à toute action extérieure. C'est pour cette raison qu'on entoure les galvanomètres et les électromètres de cages métalliques.

On donne aussi quelquefois le nom d'écran aux diaphragmes qui entourent le noyau de fer doux des bobines d'induction médicales et servent à graduer l'intensité du courant.

ÉCRAN MAGNÉTIQUE. — Les actions magnétiques s'exercent à travers tous les corps; elles sont arrêtées seulement par le fer doux, lorsqu'il a une épaisseur suffisante. Le galvanomètre marin de Thomson est protégé contre le magnétisme terrestre et l'action des pièces de fer du navire par une cage de fer doux épais.

ÉCRITURE ÉLECTRIQUE. — Voy. PLUME ÉLECTRIQUE.

ÉCRITURE MAGIQUE. — A l'aide d'un pôle d'aimant, on trace des caractères sur une plaque d'acier trempé. Il suffit de saupoudrer ensuite la plaque de limaille de fer pour voir apparaître les caractères, la limaille s'attachant aux points aimantés par le contact du pôle. On rend les caractères plus apparents en étamant la plaque ou la recouvrant d'une feuille de papier.

EFFET JOULE. — On désigne ainsi quelquefois l'échauffement des conducteurs par un courant (Voy. ÉCHAUFFEMENT).

EFFET PELTIER. — Effet qui se produit au point de contact ou à la soudure de deux métaux différents, lorsqu'on y fait passer un courant. Si l'intensité du courant est I et qu'il se produise une différence de potentiel ε entre les deux métaux, il y a production d'une quantité de chaleur $+\varepsilon I$, si le courant est dirigé dans le sens de la chute de potentiel, et une absorption $-\varepsilon I$, si le courant est en sens contraire. Par suite, si l'on mesure la chaleur dégagée entre deux points A et B, situés de chaque côté de la soudure, et comprenant une résistance r, la chaleur dégagée est dans le premier cas

$$I^2r + \varepsilon I$$

et dans le second

$$I^2r - \varepsilon I.$$

Pour rendre sensible l'effet Peltier, il faut donc diminuer l'effet Joule I^2r, c'est-à-dire employer une intensité très faible. On montre facilement l'effet Peltier de la manière suivante. Quand le courant passe du fer au cuivre, il y a dégagement de chaleur. Si donc on soude un fil de fer entre deux fils de cuivre, et qu'on entoure la première soudure d'eau liquide à 0°, la seconde de glace à la même température, le passage d'un faible courant produit autant de glace autour de la première soudure qu'il en fond autour de la seconde.

EFFET THOMSON. — Un courant, traversant un conducteur métallique dont tous les points ne sont pas à la même température, transporte de la chaleur dans un sens variable. Cela résulte de ce que, même à l'état d'équilibre électrique, les divers points ne sont pas au même potentiel. Ainsi, si l'on fait passer un courant un peu intense dans une barre métallique homogène dont les deux extrémités sont maintenues à 0° et le milieu à 100°, les températures devraient décroître symétriquement de chaque côté à partir du milieu. En réalité le plomb est le seul métal pour lequel il en soit ainsi : pour l'argent, l'antimoine, le cuivre, le zinc, le cadmium, la température est plus élevée en chaque point de la seconde moitié qu'au point correspondant de la première, parce que, dans ces métaux, le potentiel allant en croissant avec la température, il y a absorption de chaleur dans la première moitié et dégagement dans la seconde. Ces métaux sont dits positifs. On appelle négatifs ceux pour lesquels le potentiel varie en sens inverse de la température et par conséquent la température est plus basse en chaque point de la seconde moitié : tels sont le platine, l'aluminium, l'étain, le bismuth. Le plomb est neutre. Pour les métaux positifs, il y a transport de chaleur dans le sens du courant, pour les métaux négatifs en sens contraire.

EFFETS CHIMIQUES, PHYSIQUES ET PHYSIOLOGIQUES. — Voy. ÉLECTRICITÉ.

EFFLUVE. — Décharge électrique invisible ou peu lumineuse qui se produit entre deux lames de verre placées en regard et portant sur leurs faces extérieures des feuilles d'étain communiquant avec les deux pôles d'une bobine de Ruhmkorff ou d'une machine électrique. L'effluve produit beaucoup plus d'ozone que l'étincelle; aussi est-elle utilisée dans les appareils à ozone de M. Berthelot, de M. Houzeau, etc.

EFFLUVOGRAPHIE. — Production de l'image photographique dans l'obscurité par l'effluve électrique. (Expériences de M. Boudet de Pâris et de M. Tommasi.)

ÉGALISEUR DE POTENTIEL. — Appareil servant à faire prendre à un conducteur le même potentiel qu'à un point déterminé de l'atmosphère.

On peut employer une petite boule isolée qu'on place au point considéré en la mettant un instant en communication avec le sol par un fil fin. Si V est le potentiel en ce point, la sphère prend une charge q, telle que le potentiel soit nul en un point intérieur quelconque, par exemple au centre. Si r est son rayon, on aura donc

$$V + \frac{q}{r} = 0.$$

On détermine alors la charge q et l'on en déduit V.

Il est plus simple de placer au point considéré une pointe formant l'extrémité d'un conducteur isolé. Si la pointe était parfaite, il n'y aurait équilibre que lorsque la pointe et le conducteur auraient pris le potentiel de l'air en contact avec la pointe. Les meilleures pointes sont une flamme ou un écoulement d'eau (Voy. COLLECTEUR).

ÉLECTRICITÉ. — Mot tiré du grec ἤλεκτρον (ambre jaune) première substance sur laquelle les anciens observèrent la propriété électrique, c'est-à-dire la propriété de pouvoir, après avoir été frotté, attirer les corps légers.

On désigne aujourd'hui sous le nom d'*électricité* un agent impondérable, de nature inconnue, capable de communiquer aux corps qui en sont chargés un certain nombre de propriétés très diverses. On donne le même nom à la partie de la physique qui étudie les effets de cet agent.

Les phénomènes présentés par les corps soumis à cet agent peuvent être divisés en deux parties : ceux qui se produisent lorsqu'ils ont atteint un état d'équilibre électrique, et ceux qui prennent naissance pendant la période plus ou moins longue qui sépare deux états d'équilibre. La première partie est l'*électricité statique*, la seconde l'*électricité dynamique*. En réalité, cette division n'est pas rigoureusement observée, et l'on place d'ordinaire dans la première partie les effets dus aux machines électrostatiques, dans la seconde ceux qui sont dus aux piles.

Hypothèses sur la nature de l'électricité. — Deux théories, imaginées au siècle dernier, vers la même époque, ont survécu jusqu'ici. Symmer expliquait les phénomènes électriques par l'existence de deux fluides existant en quantités égales et illimitées sur les corps non électrisés ou à l'*état neutre*. Cette théorie, se prêtant facilement aux explications élémentaires, est encore employée quelquefois. De là viennent les mots *électricité positive*, *électricité négative*, encore en usage aujourd'hui. Franklin admettait au contraire un seul fluide, répandu en quantité normale sur les corps neutres; un excès de ce fluide produisait une électrisation positive, une diminution de fluide se traduisait par une charge négative.

Les idées qui ont cours actuellement dans la science tendent à faire restreindre autant que possible le nombre de ces fluides, qu'on créait si facilement autrefois.

Les relations déjà observées entre l'électricité et la lumière font penser que les phénomènes électriques seraient probablement des manifestations des propriétés de l'*éther*, fluide auquel on attribue déjà la production des vibrations lumineuses et calorifiques.

A l'appui de cette hypothèse, M. Hertz a publié, en 1889, d'intéressantes expériences que nous essayerons de résumer. Désirant vérifier si les phénomènes électriques ne seraient pas dus à des radiations d'une grande longueur d'onde, il a réalisé des oscillations électriques très rapides, à l'aide d'une bobine de Ruhmkorff communiquant avec un excitateur terminé par deux petites sphères en laiton. Il se produit alors dans tout le milieu environnant des mouvements complexes participant à la fois des actions électrostatiques et électromagnétiques, que M. Hertz a mis en évidence à l'aide d'un *résonnateur électrique*, formé d'un circuit circulaire presque fermé, terminé par deux boules de laiton très voisines. Placé dans le champ électrique, même à 20 ou 25 mètres de la bobine, ce résonnateur donne des étincelles. M. Hertz a constaté que les rayons électriques ainsi obtenus peuvent être polarisés, réfléchis, diffusés, etc., comme les rayons calorifiques et lu-

mineux. « Pour moi, dit-il, les faits observés me paraissent mettre hors de doute l'identité de la lumière, de la chaleur rayonnante et des mouvements électrodynamiques. »

Lois des attractions et des répulsions électriques. — Voy. ACTIONS ÉLECTRIQUES.

Production de l'électricité. — L'électricité peut être produite par différents procédés que nous allons passer rapidement en revue.

1° *Électricité de contact.* — Volta a découvert que le simple contact de deux corps, sans action chimique, suffit pour produire de l'électricité. Il a donné sous la forme suivante le résultat de ses observations.

Loi des contacts. — Le contact de deux corps hétérogènes quelconques, à la même température, établit entre ces deux corps une différence de potentiel qui ne dépend que de leur nature, mais nullement de leur forme, de leurs dimensions, de l'étendue des surfaces de contact, ni de la valeur absolue du potentiel sur chacun d'eux.

Cette différence de potentiel est souvent appelée *force électromotrice de contact.*

Loi des contacts successifs ou loi des tensions. — Si l'on fait une chaîne continue avec un certain nombre de métaux, *la différence de potentiel des métaux extrêmes est la même que s'ils étaient directement en contact.*

Cette loi, découverte par Volta, est une conséquence du principe de la conservation de l'énergie. En effet, soient des métaux A,B,C... N et désignons par A | B la force électromotrice de contact de A avec B; d'après ce principe

$$A \mid B + B \mid C + \ldots\ldots + M \mid N = A \mid N.$$

Si l'on ferme la chaîne, on voit que

$$A \mid B + B \mid C + \ldots\ldots + M \mid N + N \mid A = 0.$$

La chute de potentiel étant la même de chaque côté du métal N, il n'y a de courant ni dans un sens ni dans l'autre.

Or il ne peut en être autrement, car, s'il y avait un courant, il serait produit sans rien dépenser, ce qui serait contraire au principe de la conservation de l'énergie.

Volta a remarqué que certains corps, tels que les liquides, ne suivent pas cette loi. Aussi obtient-on un courant en intercalant des liquides dans la chaîne précédente.

C'est cette remarque qui lui a permis de construire sa pile. Mais, bien que la production de l'électricité par contact soit hors de doute, on considère généralement l'action chimique comme étant la source même de l'électricité. Néanmoins, le rôle de l'électricité de contact dans la pile n'est pas suffisamment éclairci. Plusieurs physisiens, notamment MM. Ayrton et Perry, et M. Pellat, ont étudié récemment l'électricité de contact.

2° *Électricité produite par le frottement, la pression, etc.* — Toutes les circonstances qui rendent le contact meilleur favorisent la production de l'électricité. Si l'on frotte l'un sur l'autre deux corps isolés, ils prennent des charges égales et contraires. Si l'un des corps communique avec le sol, il lui cède son électricité. Tous les corps, même les liquides et les gaz, s'électrisent par frottement. On peut même électriser deux morceaux d'un même corps en les frottant l'un sur l'autre, pourvu qu'ils présentent une certaine dissymétrie.

Deux corps pressés l'un contre l'autre prennent également des électricités contraires. La plupart des cristaux s'électrisent quand on les presse dans la main, et conservent longtemps cette électricité. Toutes les actions mécaniques qui tendent à ébranler les molécules des corps peuvent donner de l'électricité : ainsi le clivage des cristaux.

3° *Électricité produite par les actions chimiques.* — Les actions chimiques sont généralement accompagnées d'un dégagement d'électricité. Au contact d'un liquide et d'un métal attaqué par lui se produit toujours une différence de potentiel constante, qui ne dépend que de la nature des deux corps. C'est à cette cause que la plupart des électriciens attribuent la production de l'électricité dans les piles.

4° *Électricité produite par la chaleur.* — Voy. THERMO-ÉLECTRICITÉ et PYRO-ÉLECTRICITÉ.

5° *Électricité produite par les actions mécaniques.* On peut produire de l'électricité en déplaçant un circuit fermé dans le voisinage d'un courant ou d'un aimant (voy. INDUCTION). C'est le principe des machines d'induction.

6° *Électricité produite par les êtres vivants.* — Le corps des animaux est le siège d'actions chimiques continuelles, qui doivent produire sans cesse de l'électricité. Galvani en a obtenu en mettant en contact direct les muscles et les nerfs d'une patte de grenouille. M. Du Bois-Reymond en a trouvé dans le corps humain.

Citons enfin les poissons électriques, dont les propriétés sont bien connues (Voy. ÉLECTROGÈNE).

Effets de l'électricité. — Ils sont extrêmement nombreux et, en réalité, leur description remplit tout cet ouvrage. On peut les diviser en effets physiques, chimiques et physiologiques.

Effets physiques. — Les effets physiques de

EFFETS CHIMIQUES, PHYSIQUES ET PHYSIOLOGIQUES. — Voy. ÉLECTRICITÉ.

EFFLUVE. — Décharge électrique invisible ou peu lumineuse qui se produit entre deux lames de verre placées en regard et portant sur leurs faces extérieures des feuilles d'étain communiquant avec les deux pôles d'une bobine de Ruhmkorff ou d'une machine électrique. L'effluve produit beaucoup plus d'ozone que l'étincelle ; aussi est-elle utilisée dans les appareils à ozone de M. Berthelot, de M. Houzeau, etc.

EFFLUVOGRAPHIE. — Production de l'image photographique dans l'obscurité par l'effluve électrique. (Expériences de M. Boudet de Pâris et de M. Tommasi.)

ÉGALISEUR DE POTENTIEL. — Appareil servant à faire prendre à un conducteur le même potentiel qu'à un point déterminé de l'atmosphère.

On peut employer une petite boule isolée qu'on place au point considéré en la mettant un instant en communication avec le sol par un fi
fin. Si V est le potentiel en ce point, la sph
prend une charge q, telle que le potentiel
nul en un point intérieur quelconque
exemple au centre. Si r est son rayon,
donc

$$V + \frac{q}{r} = 0.$$

On détermine alors la charge
duit V.

Il est plus simple de plac
déré une pointe formant l'
ducteur isolé. Si la pointe
aurait équilibre que lors ... pieds
ducteur auraient pris ... électromè-
contact avec la poir
sont une flamme o
COLLECTEUR).

ÉLECTRICIT
(ambre jaune
les anciens
c'est-à-dir
été frott

On d
tricit
nu
s

Fig. 263. — Variations de l'électricité atmosphérique.

enregistreur (Voy. ÉLECTROMÈTRE). La déviation des aiguilles mesure le potentiel au point où la veine liquide se sépare en gouttelettes.

Par un temps serein, le potentiel de l'air est toujours positif et augmente à peu près proportionnellement à la distance au-dessus du sol.

prennent naissance pendant la p
moins longue qui sépare deux é
La première partie est l'*électri*
conde l'*électricité dynamiqu*
division n'est pas rigoure
l'on place d'ordinaire
les effets dus aux m
dans la seconde ceu

Hypothèses sur
Deux théories,
vers la même
Symmer expli
par l'existen
tités égale
trisés or
facilem
enco
les
e

opre ou à
positivement. L'ex-
que c'est l'air qui est
angements de potentiel en un
ent dus alors au déplacement des
s d'air électrisées.

Electrisation des nuages. — Franklin a montré le premier que les orages sont dus à des phénomènes électriques, en lançant vers les nuages un cerf-volant muni d'une pointe métallique et porté par une corde de chanvre ; la pluie ayant rendu la corde plus conductrice, on put en tirer des étincelles. L'expérience fut répétée en France par de Romas, en enroulant un fil de cuivre autour de la corde. D'un autre côté, Dalibard ayant placé sur une maison, à Marly-la-Ville, une pointe métallique, put tirer des étincelles du conducteur placé au bas de cette pointe.

Franklin remarqua que les nuages orageux sont tantôt positifs, tantôt négatifs. Les nuages positifs empruntent surtout leur électricité à l'air ambiant. Quant aux nuages négatifs, on ne voit guère d'où peut provenir leur charge, si ce n'est quelquefois d'un contact avec le sol.

On ne sait pas non plus si les nuages sont seulement électrisés à la surface ou s'ils con-

...n nombre de masses électri-

...e, **Aurore boréale**.

...*tmosphérique*. — Nous ...gine de l'électricité ...ée à l'évaporation ...t positivement, ...nent. Mais la ...ui est con- ...xpérien- ...né au- ...ussi ...n-

...as, ...a charge ...tte expression ...n considère un point ... les deux plateaux, leurs ...e même sens et s'ajoutent.

...RICITÉ DYNAMIQUE. — Étude des ...ourants et de leurs effets (Voy. Électricité).

ÉLECTRICITÉ MÉDICALE. — On désigne sous ce nom l'ensemble des applications, déjà nombreuses, de l'électricité à la médecine et à la chirurgie. Quelques tentatives effectuées au siècle dernier furent bientôt abandonnées; c'est seulement à notre époque que l'on obtint des résultats sérieux.

L'électricité peut être employée à l'électrisation directe, des malades, ou seulement à produire la chaleur, la lumière, le mouvement nécessaires pour certaines opérations ou même pour le diagnostic. Les appareils servant à la première application seront décrits aux mots Bobine, Machine électrique, Machine d'induction, Pile, les autres aux mots Galvanocaustique, Explorateur, Sonde, Stéthoscope, Myophone, etc. Enfin nous placerons aux mots Électricité, Électrophysiologie, et Électrothérapie les notions générales sur la production d'électricité dans les êtres vivants et l'application de l'électricité à la thérapeutique.

ÉLECTRICITÉ POSITIVE ET NÉGATIVE. — Voy. Électricité.

ÉLECTRICITÉ SOLAIRE. — W. Siemens explique le magnétisme terrestre et la plupart des phénomènes de l'électricité atmosphérique par l'hypothèse d'une couche d'électricité solaire.

ÉLECTRICITÉ STATIQUE. — Étude des propriétés des corps en état d'équilibre électrique (Voy. Électricité).

ÉLECTRIQUE. — Qui a rapport à l'électricité.

Électrique (Propriété). — Propriété des corps qui s'électrisent par le frottement, ou qui acquièrent par le frottement la faculté d'attirer les corps légers.

ÉLECTRISATION. — Action d'électriser un ...s. Se dit aussi de l'état d'un corps élec- ...On trouvera au mot Électricité les diffé- ...anières d'électriser un corps.

...**ation par influence**. — Voy. In-...

...**TION** (terme médical). — Traite- ...nsiste à soumettre le malade à l'ac- ...d une source d'électricité. On nomme quelquefois *franklinisation* le traitement par l'électricité statique. On appelle *galvanisation* le traitement par les courants continus, et *faradisation* le traitement par les courants d'induction. Duchenne (de Boulogne) a donné le nom d'*électrisation localisée* aux procédés qu'il a indiqués pour électriser individuellement les divers organes. Il appliquait surtout ce terme à la faradisation, voulant indiquer par là que l'électrisation par les machines électrostatiques et par les piles ne pouvait produire qu'une action générale. Cette distinction n'est pas absolument justifiée (Voy. Électrothérapie).

ÉLECTRISÉ. — Chargé d'électricité.

ÉLECTRISER. — Charger d'électricité.

ÉLECTRISEUR AUTOMATIQUE. — Nous donnerons ce nom aux appareils placés depuis quelque temps dans les rues de Paris, et qui permettent de se donner des secousses moyennant 10 centimes.

On voit sortir d'une colonne de fer deux fortes poignées en cuivre arrêtées par une clef cachée, que l'on fait tomber en abandonnant à elle-même une pièce de 10 centimes dans une fente de grandeur convenable. En tirant alors sur les deux poignées, qui sont encore maintenues en place par deux ressorts antagonistes, on les amène à une distance plus ou moins grande de leur stationnement, suivant l'effort auquel on les soumet. Pendant tout le temps

l'électricité comprennent : 1° des phénomènes mécaniques qui seront décrits à leur place (Voy. Électrodynamique, Électromagnétisme, etc.); 2° des phénomènes calorifiques et lumineux (Voy. Échauffement, Lumière, Décharge, etc.).

Effets chimiques. — 1° *Des courants* (Voy. Électrolyse).

2° *Des décharges.* — Les décharges électriques produisent des combinaisons et des décompositions chimiques. Une étincelle provoque dans l'eudiomètre ou dans le pistolet de Volta la combinaison d'un mélange détonant (oxygène et hydrogène, etc.). Une succession d'étincelles décompose en leurs éléments le gaz ammoniac, le cyanogène, l'acide chlorhydrique, etc.

Les aigrettes ou effluves électriques transforment l'oxygène en ozone.

Effets physiologiques. — Voy. Électro-physiologie.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — L'atmosphère contient de l'électricité, non seulement pendant les orages, mais aussi lorsque le ciel est pur. C'est l'étude des orages qui attira tout d'abord l'attention, et l'on avait remarqué depuis bien longtemps les analogies qui existent entre les effets de la foudre et ceux de l'électricité, lorsque Franklin chercha le premier (1752) à vérifier l'identité présumée de ces deux agents en recueillant l'électricité des nuages orageux.

Électricité par un ciel serein. — On peut déterminer le potentiel en un point de l'air en plaçant en ce point un *égaliseur de potentiel* (Voy. ce mot). On se sert le plus souvent d'un collecteur à gouttes d'eau porté par des pieds isolants, et relié avec l'aiguille d'un électromètre enregistreur (Voy. Électromètre). La déviation des aiguilles mesure le potentiel au point où la veine liquide se sépare en gouttelettes.

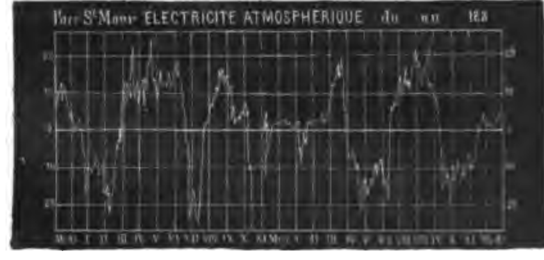


Fig. 263. — Variations de l'électricité atmosphérique.

Par un temps serein, le potentiel de l'air est toujours positif et augmente à peu près proportionnellement à la distance au-dessus du sol. Les résultats sont du reste très variables : dans un lieu découvert, cette variation est généralement comprise entre 10 et 1000 volts par mètre; quelquefois elle est beaucoup plus grande. En un même lieu, il se produit parfois des variations considérables et très rapides. La figure 263, qui donne un exemple des indications enregistrées au parc Saint-Maur en vingt-quatre heures, montre ces variations brusques.

Dans un lieu découvert les surfaces de niveau sont des plans horizontaux équidistants. Sur un sol irrégulier, les surfaces les plus voisines suivent les contours, en se rapprochant les unes des autres au-dessus des aspérités, et d'autant plus que celles-ci sont plus élevées et plus pointues : ainsi, autour d'une maison, elles sont d'abord verticales, puis suivent la forme du toit.

Tout se passe donc comme si la terre était chargée d'une couche d'électricité négative en équilibre.

Il arrive cependant, surtout par la pluie, et même quelquefois par un temps serein, que l'air est négatif et le sol positif.

L'étude du potentiel dans le voisinage du sol ne nous permet pas de déterminer quelle est la situation des masses agissantes, et si l'électrisation du sol est due à une charge propre ou à l'influence de l'air électrisé positivement. L'expérience semble montrer que c'est l'air qui est électrisé : les changements de potentiel en un point seraient dus alors au déplacement de masses d'air électrisées.

Electrisation des nuages. — Franklin a montré le premier que les orages sont dus à des phénomènes électriques, en lançant vers les nuages un cerf-volant muni d'une pointe métallique et porté par une corde de chanvre; la pluie ayant rendu la corde plus conductrice, on put en tirer des étincelles. L'expérience fut répétée en France par de Romas, en enroulant un fil de cuivre autour de la corde. D'un autre côté, Dalibard ayant placé sur une maison, à Marly-la-Ville, une pointe métallique, put tirer des étincelles du conducteur placé au bas de cette pointe.

Franklin remarqua que les nuages orageux sont tantôt positifs, tantôt négatifs. Les nuages positifs empruntent surtout leur électricité à l'air ambiant. Quant aux nuages négatifs, on ne voit guère d'où peut provenir leur charge, si ce n'est quelquefois d'un contact avec le sol.

On ne sait pas non plus si les nuages sont seulement électrisés à la surface ou s'ils con-

tiennent un certain nombre de masses électriques isolées.

Voy. Éclair, Tonnerre, Aurore boréale.

Origine de l'électricité atmosphérique. — Nous ignorons actuellement l'origine de l'électricité atmosphérique. On l'a attribuée à l'évaporation de l'eau. la vapeur se chargeant positivement, l'eau et par suite le sol négativement. Mais la pluie est généralement négative, ce qui est contraire à cette hypothèse; de plus, les expériences entreprises pour la vérifier n'ont donné aucun résultat satisfaisant. On a attribué aussi l'électricité atmosphérique à des courants d'induction produits par la rotation de la terre dans les couches supérieures de l'atmosphère.

Étude de l'électricité atmosphérique. — On employait autrefois pour l'étude de l'électricité atmosphérique un électroscope à feuilles d'or surmonté d'une tige terminée en pointe. On emploie aujourd'hui un électromètre enregistreur (Voy. ce mot).

ÉLECTRICITÉ DISSIMULÉE. — On désignait ainsi les charges relativement très grandes situées sur les deux faces en regard des armatures des condensateurs, pour exprimer que la résultante des actions sur un point extérieur est la même que si ces couches n'existaient pas, et que le collecteur eût seulement la charge qu'il prendrait s'il était seul. Cette expression n'a pas de sens, car si l'on considère un point électrisé placé entre les deux plateaux, leurs actions sont de même sens et s'ajoutent.

ÉLECTRICITÉ DYNAMIQUE. — Étude des courants et de leurs effets (Voy. Électricité).

ÉLECTRICITÉ MÉDICALE. — On désigne sous ce nom l'ensemble des applications, déjà nombreuses, de l'électricité à la médecine et à la chirurgie. Quelques tentatives effectuées au siècle dernier furent bientôt abandonnées; c'est seulement à notre époque que l'on obtint des résultats sérieux.

L'électricité peut être employée à l'électrisation directe, des malades, ou seulement à produire la chaleur, la lumière, le mouvement nécessaires pour certaines opérations ou même pour le diagnostic. Les appareils servant à la première application seront décrits aux mots Bobine, Machine électrique, Machine d'induction, Pile, les autres aux mots Galvanocaustique, Explorateur, Sonde, Stéthoscope, Myophone, etc. Enfin nous placerons aux mots Électricité, Électrophysiologie, et Électrothérapie les notions générales sur la production d'électricité dans les êtres vivants et l'application de l'électricité à la thérapeutique.

ÉLECTRICITÉ POSITIVE ET NÉGATIVE. — Voy. Électricité.

ÉLECTRICITÉ SOLAIRE. — W. Siemens explique le magnétisme terrestre et la plupart des phénomènes de l'électricité atmosphérique par l'hypothèse d'une couche d'électricité solaire.

ÉLECTRICITÉ STATIQUE. — Étude des propriétés des corps en état d'équilibre électrique (Voy. Électricité).

ÉLECTRIQUE. — Qui a rapport à l'électricité.

Électrique (Propriété). — Propriété des corps qui s'électrisent par le frottement, ou qui acquièrent par le frottement la faculté d'attirer les corps légers.

ÉLECTRISATION. — Action d'électriser un corps. Se dit aussi de l'état d'un corps électrisé. On trouvera au mot Électricité les différentes manières d'électriser un corps.

Électrisation par influence. — Voy. Influence.

ÉLECTRISATION (terme médical). — Traitement qui consiste à soumettre le malade à l'action d'une source d'électricité. On nomme quelquefois *franklinisation* le traitement par l'électricité statique. On appelle *galvanisation* le traitement par les courants continus, et *faradisation* le traitement par les courants d'induction. Duchenne (de Boulogne) a donné le nom d'*électrisation localisée* aux procédés qu'il a indiqués pour électriser individuellement les divers organes. Il appliquait surtout ce terme à la faradisation, voulant indiquer par là que l'électrisation par les machines électrostatiques et par les piles ne pouvait produire qu'une action générale. Cette distinction n'est pas absolument justifiée (Voy. Électrothérapie).

ÉLECTRISÉ. — Chargé d'électricité.

ÉLECTRISER. — Charger d'électricité.

ÉLECTRISEUR AUTOMATIQUE. — Nous donnerons ce nom aux appareils placés depuis quelque temps dans les rues de Paris, et qui permettent de se donner des secousses moyennant 10 centimes.

On voit sortir d'une colonne de fer deux fortes poignées en cuivre arrêtées par une clef cachée, que l'on fait tomber en abandonnant à elle-même une pièce de 10 centimes dans une fente de grandeur convenable. En tirant alors sur les deux poignées, qui sont encore maintenues en place par deux ressorts antagonistes, on les amène à une distance plus ou moins grande de leur stationnement, suivant l'effort auquel on les soumet. Pendant tout le temps

que l'on exerce cette traction, on reçoit des secousses dont l'énergie est proportionnée à l'effort qu'on développe. Aussitôt qu'on les abandonne, les poignées rentrent dans l'intérieur et reprennent leur fonction primitive. En même temps la bobine d'induction cesse d'agir. Si l'on veut recevoir une nouvelle secousse, il faut laisser tomber une seconde pièce de 10 centimes dans la fente.

ÉLECTRO. — Abréviation pour ÉLECTRO-AIMANT.

ÉLECTRO-ACCROCHEUR. — Organe du manipulateur du télégraphe multiple de Baudot qui maintient les touches abaissées pendant que le frotteur parcourt les contacts du distributeur.

ÉLECTRO-ACOUMÈTRE. — Appareil imaginé récemment par le Dr Cheval pour mesurer l'acuité auditive de manière à rendre toute fraude impossible.

Sur une règle sont placées trois bobines plates : celle du milieu, qui est fixe, communique avec une pile et un microphone ; les deux autres, qui sont mobiles, sont reliées avec deux téléphones qu'on place devant les deux oreilles du sujet. Lorsqu'on produit un bruit déterminé devant le microphone, on peut, selon l'acuité auditive, éloigner plus ou moins les bobines induites, sans que le sujet cesse de percevoir ce bruit. La distance maxima ainsi obtenue peut servir à mesurer l'acuité auditive. Un commutateur permet d'isoler à volonté l'une ou l'autre des bobines induites, pour éviter les fraudes.

L'instrument peut servir aussi à comparer les différents systèmes de téléphones et de microphones.

ÉLECTRO-AIGUILLEUR. — Organe du télégraphe Baudot.

ÉLECTRO-AIMANT. — Noyau d'une substance magnétique entouré d'un fil conducteur isolé enroulé en spirale. Le plus souvent le noyau est en fer doux, et le fil est enroulé de manière à produire, lorsque le courant passe, des pôles de noms contraires aux deux bouts; lorsqu'on interrompt le courant, le fer doux perd immédiatement son aimantation. Le noyau peut recevoir différentes formes : il est parfois rectiligne, mais le plus souvent en forme de fer à cheval, de sorte que, les deux pôles se trouvant rapprochés, leurs attractions s'ajoutent; on supprime alors le fil sur la partie courbe (fig. 264). On obtient le même avantage en employant deux noyaux parallèles, entourés de fils, et réunis par une *culasse* rectiligne; cette forme équivaut absolument à la précédente. Dans les deux cas le fil est disposé sur les deux branches comme si l'électro avait été recourbé après l'enroulement; pour un observateur placé devant les deux pôles, l'enroulement est donc en sens contraire sur les deux noyaux. On a, d'après la règle d'Ampère, un pôle nord à la gauche du courant, un pôle sud à l'autre bout. Le plus souvent, on dispose devant les pôles une *armature* de fer doux, qui s'aimante par influence et est attirée lorsque le courant passe. Les électro-aimants présentent sur les aimants permanents le double avantage d'avoir, à poids égal, une force portante beaucoup plus considérable, et surtout de pouvoir s'aimanter et se désaimanter instantanément. C'est là le principe d'une foule d'applications importantes : sonneries, télégraphes, etc.

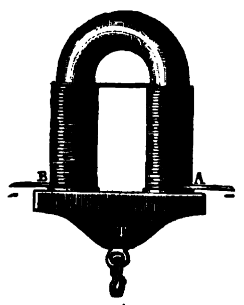


Fig. 264. — Électro-aimant.

La force portante d'un électro-aimant ne dépend pas de la longueur des branches ; elle augmente proportionnellement au diamètre du cylindre enveloppé par le fil. On emploie un fil assez gros pour les effets dynamiques, et un fil fin pour transmettre à distance une action peu intense. La puissance magnétique paraît être proportionnelle au nombre des spires du fil, au moins jusqu'à une certaine limite.

Électro-aimant boiteux. — On appelle ainsi un électro-aimant à culasse, dont une branche seulement est entourée de fil, l'autre étant nue. L'effet est le même que si le fil de la bobine unique était réparti autour des deux noyaux.

Électro-aimant de Hughes. — Électro-aimant en fer à cheval dont le noyau, qui est en acier, a reçu d'avance une aimantation permanente; le fil est enroulé de manière à lui communiquer une aimantation de sens contraire. Il en résulte que, lorsqu'on lance le courant dans le sens convenable, l'appareil se désaimante au moins en partie. Si l'électro est muni d'une armature, elle est attirée à l'état normal, et s'écarte sous l'influence d'un ressort antagoniste, lorsqu'on fait passer le courant. Ces appareils

sont employés notamment dans les électro-sémaphores de Lartigue (Voy. BLOCK-SYSTEM).

Électro-aimant de Ruhmkorff. — Électro-aimant servant à étudier les corps magnétiques et diamagnétiques (Voy. MAGNÉTIQUE). Les deux bobines ont leurs pôles en regard et leurs axes sur la même ligne droite; elles sont portées par un châssis en fer doux, qui permet de les fixer à une distance variable.

Électro-aimant extracteur de Trouvé. — Voy. EXPLORATEUR.

Électro-aimant vapeur. — Appareil imaginé par M. Tommasi et formé d'un noyau de fer doux, autour duquel s'enroule un tube creux et assez fin de cuivre sans soudure. Si l'on fait passer dans ce tube un courant de vapeur à la pression de 4 ou 5 atmosphères, le fer doux reste aimanté pendant toute la durée de ce courant.

ÉLECTRO-CAPILLAIRES (PHÉNOMÈNES). — M. Lippmann a mis en évidence en 1873 les relations qui existent entre les phénomènes électriques et capillaires (fig. 265). Considérons un

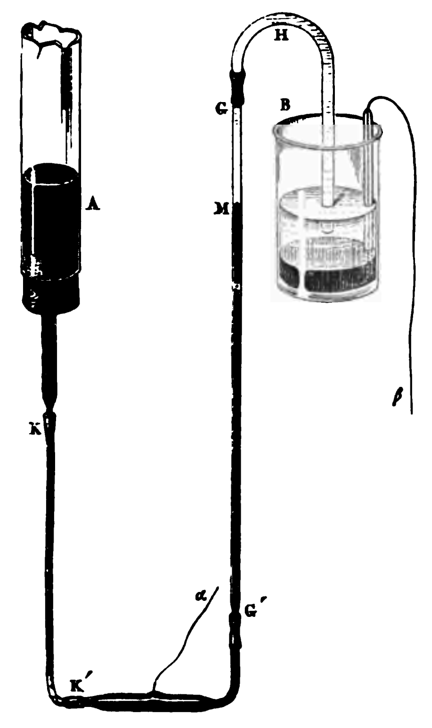


Fig. 265. — Phénomènes électro-capillaires.

vase A prolongé par un tube de verre et contenant du mercure, qui se termine en M par un ménisque convexe un peu moins élevé que le niveau A (dépression capillaire); la vase B renferme une autre masse de mercure surmontée d'eau acidulée, et le même liquide remplit complètement le tube GH jusqu'à la surface M du mercure. Si l'on réunit ensemble les fils α et β, qui plongent dans les masses de mercure A et B, le ménisque M prend une position d'équilibre parfaitement fixe. Mais, si l'on fait communiquer α avec le pôle négatif d'un élément Daniell, et β avec le pôle positif, la surface M s'abaisse brusquement et prend une nouvelle position d'équilibre telle que la dépression capillaire, corrigée de la pression de l'acide, ait augmenté de 0,35 de sa valeur. Voici l'explication de ce fait : il existait d'abord en M au contact du mercure et de l'eau acidulée la différence normale de potentiel qui correspond à ces deux substances. En faisant communiquer les deux liquides avec l'élément Daniell, la force électro-motrice de polarisation s'est ajoutée à la différence initiale. La tension superficielle se trouve modifiée, et par suite la dépression capillaire doit varier jusqu'à ce que l'équilibre soit rétabli entre les forces qui agissent sur le système. Le travail produit par ces forces dans le déplacement du ménisque correspond exactement à la variation d'énergie électrique. C'est là le principe de l'*électromètre capillaire* de M. Lippmann.

ÉLECTRO-CAUSTIQUE. — Voy. GALVANOCAUSTIQUE.

ÉLECTROCHIMIE. — On désigne sous le nom d'*électrochimie* l'ensemble des procédés galvaniques qui servent à recouvrir la surface des corps d'un dépôt adhérent, assez mince pour ne pas altérer la forme et masquer les détails, et destiné à les protéger contre les intempéries ou à leur donner un aspect plus agréable à l'œil. L'électrochimie est donc une branche de la galvanoplastie ; elle comprend un grand nombre d'opérations, notamment la dorure, l'argenture, le cuivrage et le nickelage.

L'électrochimie fut découverte peu de temps après la galvanoplastie. De la Rive parvint le premier en 1840 à dorer le cuivre, le laiton et l'argent en décomposant par un courant très faible une dissolution très étendue de chlorure d'or. Elsner, Bœttger, Perrot, Smée, perfectionnèrent ce procédé, qui fut bientôt remplacé par une nouvelle méthode, due aux travaux d'Elkington (sept. 1840) et de Ruolz (1841). Le cuivrage et le nickelage, d'invention plus récente, sont aujourd'hui fort répandus.

L'électrochimie est plus importante encore que la galvanoplastie proprement dite. L'orfèvrerie et la bijouterie lui doivent la possibilité de remplacer l'or et l'argent massif par des

pièces en cuivre doré ou argenté, ayant à la fois la solidité du métal intérieur et l'éclat et l'inaltérabilité du métal précieux qui les recouvre.

« Les chiffres fournis par la maison Christofle et Cie nous donneront une idée de l'importance des procédés électro-chimiques.

« La seule usine Christofle et Cie de Paris dépose annuellement plus de 6,000 kilogrammes d'argent. Fondée en 1842, elle avait déposé, en 1886, plus de 200,000 kilogrammes d'argent, soit une moyenne de 4,500 kilogrammes par année. Si l'on évalue l'épaisseur moyenne du dépôt à 3 grammes par décimètre carré de surface, on trouve que la surface couverte d'argent à cette date par la maison Christofle est d'environ 66 hectares.

« D'après M. Bouilhet, la quantité d'argent déposée annuellement par l'électrolyse peut être évaluée pour le monde entier à 125,000 kilogrammes, ce qui représente une valeur d'environ 25 millions de francs.

« Tandis que l'argenture, qui exige une immobilisation de capital considérable, est comme monopolisée par quelques maisons puissantes, le nickelage s'est, dans ces dernières années, répandu partout. Cette industrie, relativement nouvelle, n'est pas seulement pratiquée par les nickeleurs de profession ; on la trouve dans un grand nombre d'ateliers de construction où elle sert à revêtir de nickel les pièces des machines.

« Le cuivrage du fer et de la fonte est devenu fort en usage depuis quelques années. Les candélabres de la ville de Paris, les fontaines de la place Louvois et de la place de la Concorde sont en fonte cuivrée. Les ateliers du Val-d'Osne produisent, depuis de longues années déjà, pour l'ornementation des monuments, des parcs et des jardins, des animaux en fonte cuivrée dont l'effet artistique est très satisfaisant. » (E. Bouant, la *Galvanoplastie*.)

Les procédés relatifs à chacune des méthodes électrochimiques et la composition des bains seront indiqués à chaque article spécial (Voy. Dorure, Argenture, etc.). Nous donnerons seulement ici les renseignements relatifs aux dépôts qui n'ont pas reçu de noms particuliers, et nous décrirons d'abord les opérations communes à tous les procédés.

Quel que soit le métal qu'on veuille déposer, la pièce à recouvrir doit être parfaitement exempte de toute matière étrangère, lorsqu'on la met dans le bain. Ce nettoyage parfait nécessite un certain nombre d'opérations, qui varient d'ailleurs un peu suivant la nature de la matière à recouvrir. Le cuivre et ses alliages sont les substances qui reçoivent le plus fréquemment les dépôts électrolytiques ; c'est aussi pour ces corps que les procédés de nettoyage sont les plus parfaits, car ils peuvent s'effectuer avec le concours des divers composés chimiques.

On commence par chauffer les pièces à feu doux, afin d'enlever les corps gras provenant de la fabrication ou du contact des mains ; c'est le *dégraissage*. Pour les objets qui ne peuvent être chauffés, on remplace cette opération par l'ébullition dans une dissolution de potasse ou de soude caustique, qui saponifie les corps gras.

On procède ensuite au *dérochage*, en plongeant les pièces bien lavées dans de l'eau acidulée au $\frac{1}{10}$ par l'acide sulfurique, jusqu'à dissolution complète de la couche d'oxyde noir formée pendant le dégraissage.

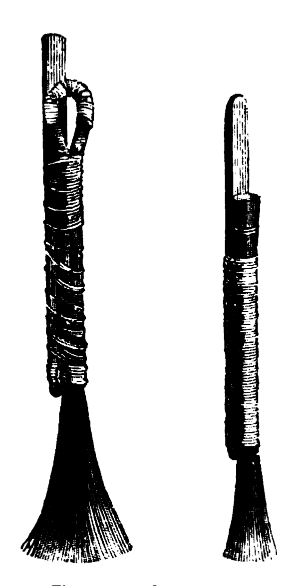


Fig. 266. — Gratte-bosse.

On soumet ensuite l'objet au *décapage*, en le passant rapidement dans un bain de

Acide nitrique à 36°..........	100 parties.
Chlorure de sodium..........	2 —
Noir de fumée..............	2 —

puis dans un autre composé de

Acide nitrique à 36°.........	15 parties.
Acide sulfurique à 66°........	20 —
Chlorure de sodium..........	1 —

Le nettoyage est alors complet, et le cuivre présente une teinte claire et un aspect brillant.

Chacune des opérations précédentes doit être suivie d'un lavage à grande eau.

On peut enfin faciliter l'adhérence du dépôt par l'*amalgamation*, qui consiste à passer rapidement les pièces dans

Eau ordinaire.............	1000 parties.
Bioxyde de mercure........	1 —
Acide sulfurique à 66°......	1 —

On lave ensuite, et l'on porte au bain.

Pour les substances autres que le cuivre, le nettoyage se fait surtout par voie mécanique; l'opération principale est le *gratte-bossage*, ou friction énergique à l'aide d'un faisceau de fils de laiton bien écrouis (fig. 266), qu'on mouille dans de l'eau vinaigrée, une solution d'alun ou une décoction d'écorce de bois de Panama.

Dépôt d'aluminium. — Les résultats obtenus laissent encore beaucoup à désirer. M. Bertrand emploie une dissolution de chlorure double d'aluminium et d'ammonium. M. Urquhart se sert du sulfate d'aluminium concentré et acidulé avec un peu d'acide sulfurique.

Dépôt de plomb. — On dissout 100 grammes de potasse caustique dans 2 litres d'eau distillée, et l'on ajoute 10 grammes de litharge. On fait usage d'une anode en plomb, et l'on ajoute de temps en temps un peu de litharge. En Amérique on se sert d'acétate ou d'azotate de plomb.

Épargnes. — Quand on veut obtenir sur un même objet métallique des parties recouvertes de différents dépôts électrochimiques, on procède par épargnes. Avant de plonger l'objet dans chaque bain, on enduit d'un vernis inattaquable toutes les parties qui ne doivent pas recevoir de dépôt dans ce bain. Les vernis pour épargnes sont fournis par des dissolutions de diverses résines (copal, élémi, galipot) dans l'huile de lin cuite et dans l'essence de térébenthine; il est bon de les colorer; au sortir du bain, on enlève le vernis par un lavage à la benzine.

ÉLECTRO-CINÉMOGRAPHE. — Appareil électrique indiquant à distance la vitesse de rotation d'une ou de plusieurs machines. MM. Richard frères ont imaginé récemment et exposé en 1889 un électro-cinémographe dont voici le principe.

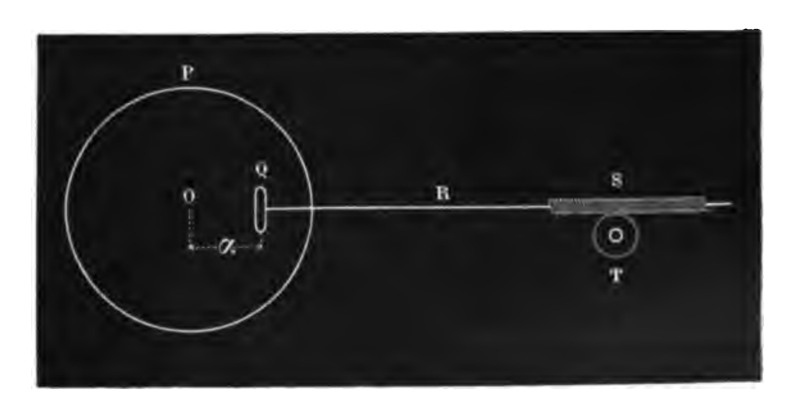


Fig. 267. — Principe de l'électro-cinémographe.

Une tige R porte une roulette Q et une vis sans fin S (fig. 267); cette dernière engrène avec une roue T qui reçoit le mouvement de la machine à étudier, de sorte que cette action tende à l'entraîner vers la droite. D'autre part, la roulette Q est comprimée entre deux plateaux P, dont l'un est enlevé sur le dessin, et qui tournent en sens contraires d'un mouvement uniforme; ce mouvement tend à ramener la roulette vers la gauche avec une vitesse d'autant plus grande qu'elle se trouve plus loin du centre; l'équilibre s'établit donc immédiatement entre les deux mouvements.

Voici, d'après les inventeurs, comment on obtient la vitesse.

Si la roulette est à une distance α du centre O, elle tend à parcourir en un temps très court t une longueur proportionnelle à αt par suite de la rotation des plateaux. D'autre part la rotation de la roue T tend à l'entraîner vers la droite d'une longueur proportionnelle à vt, v étant la vitesse. Ces deux quantités étant égales, on voit que l'écart α est proportionnel à v, et fera connaître cette quantité, si l'appareil a été préalablement taré. Les déplacements de la roulette sont indiqués par une aiguille ou un style enregistreur.

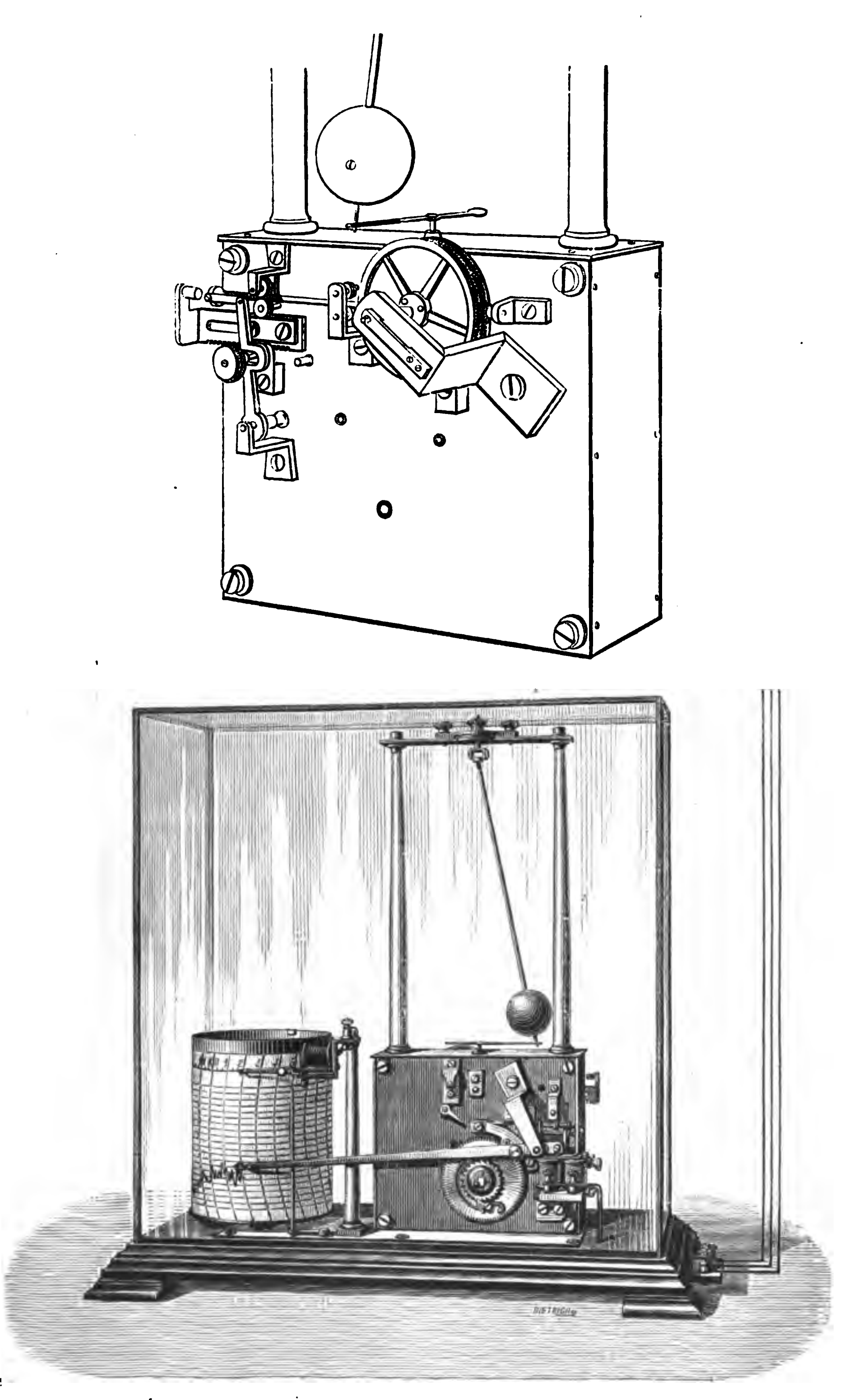


Fig. 268. — Électro-cinémographe disposé pour enregistrer la vitesse moyenne du vent (Richard frères).

Dans ce cas, l'appareil n'est nullement électrique; il le devient lorsqu'on veut l'employer à faire connaître à distance la vitesse d'une ou de plusieurs machines. Il peut donner de même la vitesse de rotation d'un moulinet placé au sommet d'un édifice, c'est-à-dire la vitesse du vent : il prend alors le nom d'*anémo-cinémographe.*

Il est alors composé d'un mouvement d'horlogerie muni de deux rouages, dont l'un fait tourner les deux plateaux uniformément, au moyen d'un régulateur Foucault, si l'on veut un mouvement rapide, d'un pendule conique si on désire un mouvement lent. Le second rouage pourrait défiler librement, s'il n'était arrêté par un échappement commandé par un électro-aimant : ce dernier est mis en communication avec les contacts placés sur l'arbre de la machine ou du moulinet, et qui ferment par exemple le circuit pendant un demi-tour et le rompent pendant le demi-tour suivant. Le second rouage défile donc proportionnellement au nombre des contacts, c'est-à-dire à la vitesse de la machine ou du vent. Un des mobiles de ce rouage porte la roue tangentielle T qui mène la vis sans fin S. Si l'on veut avoir seulement la vitesse moyenne, on établit des contacts moins fréquents.

La figure 268 montre l'appareil disposé en anémo-cinémographe pour enregistrer la vitesse moyenne du vent.

Lorsqu'on veut contrôler à distance la vitesse d'une ou plusieurs machines, on place sur chacune d'elles deux contacts qui ferment, à chaque tour de l'arbre, le circuit d'une pile. De chaque contact partent deux fils dont l'un se rend à un commutateur, et l'autre se rattache à un fil de retour commun à toutes les machines. Tous les commutateurs sont réunis sur un tableau placé auprès de l'appareil. Quand on veut vérifier la vitesse d'une machine, on ferme le circuit correspondant, et l'appareil enregistre le nombre de tours de l'arbre par minute.

ÉLECTRO - CINÉTIQUE. — Syn. de Électricité cinétique ou dynamique.

ÉLECTRODE. — Faraday a donné ce nom à tout organe qui amène le courant dans un corps. Les extrémités des rhéophores, qu'on plonge dans une substance à électrolyser, sont des électrodes. Le même nom s'applique aux lames qu'on suspend aux bouts de ces rhéophores pour le même usage ou à celles qui sont disposées d'avance dans un voltamètre.

On nomme *électrode positive* ou *anode* celle

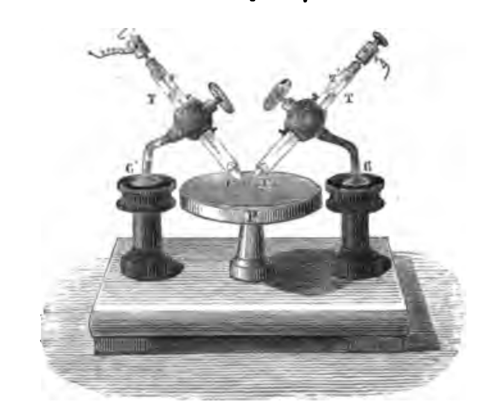


Fig. 269. — Électrodes impolarisables de Du Bois-Reymond.

qui est reliée au pôle positif, *électrode négative* ou *cathode* celle qui communique avec le pôle négatif. On appelle *électrode soluble* l'anode qu'on suspend dans un bain galvanique pour l'empêcher de s'appauvrir.

En médecine, on désigne également sous le nom d'*électrodes* ou d'*excitateurs* les appareils qui servent à l'application des courants (Voy. Excitateur).

Électrodes impolarisables. — Soit qu'on étudie l'action du courant sur un muscle ou sur un nerf, soit qu'on veuille observer les courants produits par ces organes, il est utile

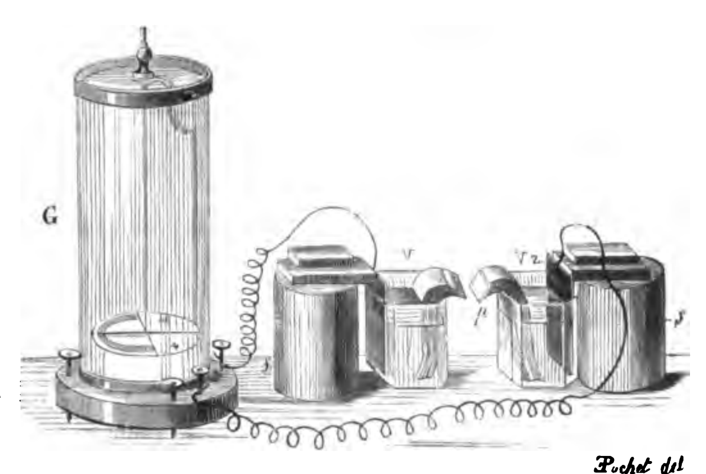


Fig. 270. — Électrodes impolarisables pour les courants musculaires ou nerveux.

d'éviter la polarisation des électrodes, qui pourrait masquer en partie ou même annuler complètement ces effets. La disposition suivante, due à Du Bois-Reymond, peut être utilisée pour faire agir un courant sur un nerf. Deux électrodes de zinc amalgamé Z et Z' (fig. 269) plongent dans des tubes de verre remplis de sulfate de zinc et portant à l'autre bout des tampons E et E' d'argile imbibée d'eau salée : on donne aux extrémités de ces tampons la forme la plus commode et on les met en contact avec le nerf étudié. Les supports isolants qui portent les tubes T et T' peuvent s'incliner dans tous les sens.

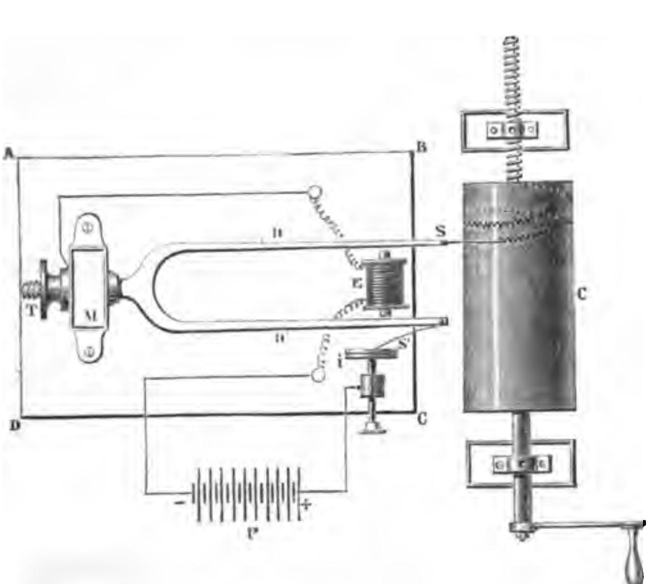
Pour étudier les courants produits dans les nerfs ou les muscles, on peut employer une disposition analogue qui est représentée figure 270. Dans deux vases V contenant une solution saturée de sulfate de zinc plongent deux lames de zinc amalgamé *z*, qui sont reliées au galvanomètre. Dans les vases sont disposés aussi deux supports *p* formés par des bandes de papier buvard imbibées de liquide, et sur lesquels on dépose l'organe à étudier, soit directement, soit par l'intermédiaire de petites masses de terre glaise imprégnées d'eau salée. Malgré toutes ces précautions, on ne parvient pas à éviter complètement la polarisation.

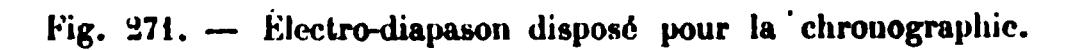
ÉLECTRO-DIAGNOSTIC. — Diagnostic des affections par les modifications morbides des réactions électriques.

Un certain nombre d'appareils électriques servent au diagnostic : audiomètre, explorateur, myophone, sphygmophone, etc. Ils seront décrits à leur ordre alphabétique.

ÉLECTRO-DIAPASON. — Diapason dont le mouvement vibratoire est entretenu par un appareil électrique, ordinairement un électro-aimant.

L'électro-diapason peut être employé comme




Fig. 271. — Électro-diapason disposé pour la chronographie.

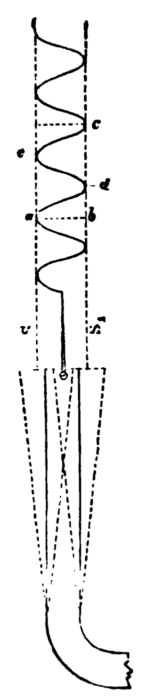


Fig. 272. — Détails de la sinusoïde.

appareil chronographique (Voy. CHRONOGRAPHE) ou comme interrupteur

Dans le premier cas, M. Mercadier emploie la disposition suivante (fig. 271). Le diapason porte deux styles S et S', fixés avec des vis; le premier S, qui sert à enregistrer les vibrations, est un fil d'acier ou un triangle aigu en clinquant; le style S', qui sert à interrompre le courant, est un fil de platine ou d'acier. L'électro-aimant E, d'une résistance de 10 à 20 ohms, communique d'une part avec la tige du diapason, et à l'autre bout avec l'un des pôles de la pile P; les extrémités du noyau de fer dont sont à 2 ou 3 millimètres du diapason. L'autre pôle de la pile communique avec une vis qui porte une plaque I de platine ou d'acier. Quand cette plaque touche le fil S', le courant passe et l'électro attire les deux branches du diapason. Aussitôt le courant s'interrompt en I, et l'élasticité ramène l'appareil à sa première position.

Le cylindre C, couvert d'un papier enfumé, reçoit un mouvement hélicoïdal, et la pointe du style S décrit une sinusoïde telle que *ceda*... (fig. 272); les points tels que *c* et *e* comprennent une vibration simple, et les points *c* et *d* une vibration double. Si l'on connaît d'avance la durée des vibrations du diapason, on peut déterminer le temps écoulé pendant une certaine rotation du cylindre, en comptant le nombre de sinuosités compris entre deux points correspondants : si chaque vibration dure 0,001 seconde, et qu'il y en ait 25, le temps écoulé est 0,025 seconde. Réciproquement, si le cylindre tourne d'un mouvement uniforme et avec une vitesse connue, on peut déterminer la durée des vibrations du diapason.

L'électro-diapason a l'avantage de fournir un mouvement *continu*, tant que la pile conserve une énergie suffisante, et parfaitement *isochrone*.

L'électro-diapason constitue en outre un interrupteur et un distributeur de courants d'une régularité parfaite. La figure 273 montre la projection horizontale et une partie de la projection verticale d'un diapason disposé pour cet usage. Un godet G, plein de mercure, communique continuellement d'une part avec l'électro-aimant E, d'autre part avec le ressort S", dont l'autre extrémité ferme le circuit de la pile locale P' lorsqu'elle vient toucher le butoir *r"*. Ce système entretient le mouvement vibratoire du diapason.

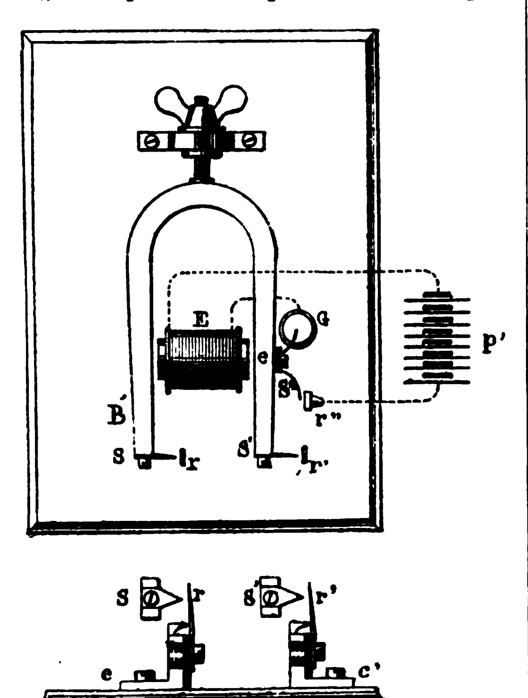


Fig. 273. — Électro-diapason interrupteur.

Deux styles rigides en argent SS', fixés aux bouts des deux branches, se trouvent, à l'état de repos, à une petite distance de deux ressorts en acier platiné *r r'* fixés à deux équerres métalliques *cc'*. Quand le diapason est en mouvement, les styles SS' viennent presser alternativement contre les ressorts correspondants pendant une oscillation simple. Si le diapason fait 50 vibrations simples par seconde, chaque ressort reçoit 25 contacts, qui durent chacun un peu moins de $\frac{1}{50}$ seconde. Les pièces *cc'* peuvent servir facilement à produire des interruptions rythmées dans deux circuits distincts. Si on relie ces deux pièces aux deux pôles d'une pile dont le milieu est à la terre, et qu'on fasse communiquer la tige du diapason avec un circuit mis à la terre par l'autre extrémité, chaque vibration changera le sens du courant dans ce circuit.

ÉLECTRO-DYNAMIE. — On désigne quelquefois sous ce nom l'intensité d'un courant.

ÉLECTRO-DYNAMIQUE. — Étude des actions mécaniques exercées par les courants les uns sur les autres.

A la suite des expériences d'Œrstedt, Ampère fut amené à penser que le courant électrique, qui dévie l'aiguille aimantée, doit exercer aussi une action mécanique analogue sur un autre courant. Pour le vérifier, il construisit des courants mobiles, pouvant tourner autour d'un axe vertical. La disposition que représente la figure 274 est beaucoup plus commode que celle d'Ampère : elle est due à Bertin. La cuvette de cuivre V et la colonne S, qui sont isolées l'une de l'autre, communiquent par des bandes de cuivre avec les deux pôles d'une pile. Le fil H se termine d'une part à une aiguille d'acier implantée au centre d'un petit disque isolant, d'autre part à un petit cercle métallique qui entoure ce disque et supporte par trois tiges de même nature le cercle de cuivre A. L'aiguille repose sur le fond d'une coupelle pleine de mercure qui termine la tige *t*, et supporte tout l'équipage mobile; le cercle A plonge dans l'eau acidulée qui remplit la cuvette V. L'appareil mobile s'appuie donc uniquement sur la pointe de l'aiguille et peut tourner librement, sous la moindre impulsion, autour de la verticale qui passe par cette pointe. Telle est la partie essen-

tielle de l'instrument; il permet de vérifier facilement les lois suivantes, indiquées par Ampère :

1° *Deux courants parallèles s'attirent s'ils sont de même sens et se repoussent s'ils sont de sens contraires.*

2° *Deux courants qui font un angle s'attirent s'ils s'approchent ou s'éloignent tous deux du sommet de l'angle; ils se repoussent si l'un s'approche du sommet et que l'autre s'en éloigne.*

On démontre la première loi en approchant d'une des branches verticales du fil H un autre fil traversé par un courant ou mieux un multiplicateur M qui produit une action plus énergique : c'est le cas représenté par la figure. Le même courant traverse successivement le multiplicateur et le fil H; un commutateur permet d'intervertir le courant dans ce dernier sans le modifier dans le multiplicateur, ce qui change le sens de l'action. Pour vérifier la seconde loi, on fait agir le multiplicateur sur la partie horizontal du fil H.

3° *Deux courants égaux et de sens contraires produisent des actions égales et de sens contraires.*

On démontre cette loi en remplaçant le multiplicateur M par le fil D, qui n'exerce aucune action sur le cadre mobile H.

4° *L'action d'un courant sinueux est identique à celle d'un courant rectiligne ayant les mêmes extrémités, pourvu qu'il s'en éloigne peu.*

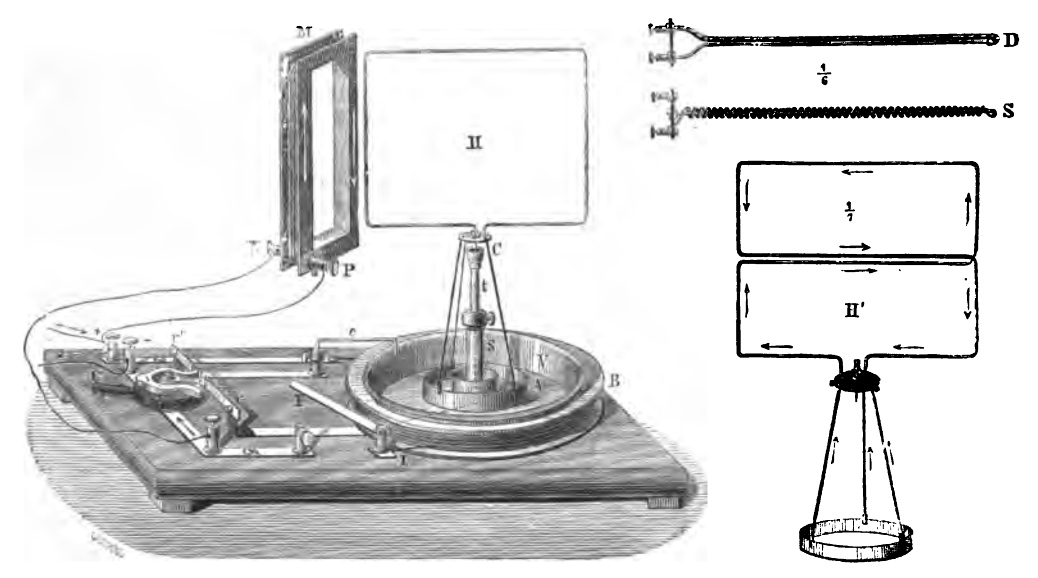


Fig. 274. — Table d'Ampère, modèle de Bertin.

On remplace le multiplicateur M par l'appareil S : le courant entre par le fil rectiligne et redescend par le fil sinueux qui est enroulé autour de lui; les deux fils étant parcourus en sens inverse, l'action sur le rectangle H est nulle.

Dans les expériences précédentes, il est avantageux de remplacer le rectangle H par le courant mobile H' qui est astatique (Voy. ce mot).

5° *Deux parties consécutives d'un même courant se repoussent.*

En effet, si l'on replie un fil traversé par un courant, l'une des parties du fil s'approche du sommet de l'angle, l'autre s'en éloigne : il y a donc répulsion. A la limite, lorsque l'on redresse le fil, il doit en être encore de même. On le montre ordinairement avec la cuve (fig. 275), dont les deux moitiés, remplies de mercure parfaitement propre, communiquent par les bornes BB' avec les deux pôles d'une pile. Un fil de cuivre F, très léger et bien propre, est replié en forme de pont et relie les deux parties de la cuve. Dès qu'on lance le courant, le fil F, placé près des bornes BB', glisse jusqu'à l'autre extrémité. On peut reprocher à cette expérience que le fil et le mercure forment aussi des courants angulaires, dont l'action n'est pas négligeable.

En s'appuyant sur les lois précédentes, on peut expliquer facilement les actions plus compliquées, telles que la rotation d'un courant mobile sous l'influence d'un courant fixe.

Expériences de M. E. Thomson. — M. Elihu Thomson a imaginé en 1884 et développé de-

puis cette époque d'intéressantes expériences pour vérifier les lois de l'électrodynamique à l'aide des courants alternatifs. Ces expériences

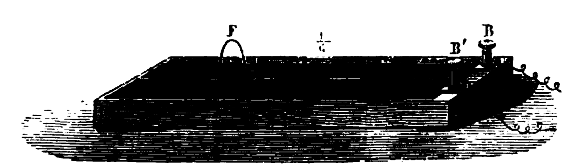


Fig. 275. — Cuve d'Ampère.

figuraient à l'Exposition de 1889 (galerie des Arts libéraux).

Une dynamo à courants alternatifs communiquait avec une bobine verticale de fil isolé, enroulée autour d'un noyau de fer doux. Si l'on pose sur le haut de cette bobine un anneau de cuivre dont le plan est parallèle aux spires magnétisantes, ce courant est traversé par des courants induits, qui sont tour à tour de sens contraire au courant de la dynamo et de même sens et par suite alternatifs. Il semble donc que l'action électrodynamique doive se composer d'une série de répulsions et d'attractions se succédant assez vite pour ne produire aucun effet mécanique. Mais en réalité, grâce au phénomène de self-induction, les répulsions l'emportent sur les attractions, et l'anneau s'élève à une certaine hauteur et s'y maintient, l'action électrodynamique étant équilibrée par la pesanteur. Si l'on maintient l'anneau sur la bobine avec la main, il s'échauffe notablement. Il en est de même si l'on enfonce d'abord l'anneau autour de la bobine.

Si l'on produit une certaine dissymétrie du champ, par exemple en couvrant la moitié de la bobine avec un demi-disque de cuivre formant écran, on peut produire des rotations : ainsi un disque de cuivre porté sur un pivot s'incline et tourne rapidement.

Enfin, si l'on place au-dessus de l'appareil, dans un vase plein d'eau, une petite bobine annulaire dont les extrémités sont fixées à une petite lampe à incandescence, la bobine s'élève dans l'eau et la lampe s'illumine sous l'action des courants induits.

M. Ducretet a imaginé un dispositif qui permet de répéter ces belles expériences avec une petite machine mue à bras. Pour obtenir des effets plus sensibles, les disques ou les anneaux qni doivent être repoussés sont suspendus à un fléau de balance.

Loi élémentaire. — En admettant que l'action réciproque de deux éléments de courants est dirigée suivant la droite qui joint leurs milieux, Ampère a trouvé que cette action peut être représentée par

$$f = \frac{n i i' ds ds'}{r^2}\left(\cos \varepsilon - \frac{3}{2}\cos\theta\cos\theta'\right)$$

en appelant ds et ds' les longueurs des deux éléments, i et i' leurs intensités, r la distance de leurs milieux, ε l'angle des deux éléments, θ et θ' les angles qu'ils font avec la droite qui joint leurs milieux, n une constante dont la valeur dépend de l'unité choisie pour l'intensité.

Ampère a déduit de cette loi que deux éléments consécutifs d'un même courant se repoussent.

A l'aide de ses courants mobiles, Ampère a également étudié l'action de la terre sur les courants (Voy. SOLÉNOÏDE).

Équivalence d'un courant fermé et d'un feuillet magnétique. — Ampère a conclu de ses expériences sur les solénoïdes que les aimants peuvent être assimilés à des courants électriques (Voy. AIMANT); mais il est ordinairement plus commode dans les calculs de remplacer les courants par des aimants, ce qui donne des expressions plus simples. Le théorème d'Ampère permet de faire cette substitution.

L'action d'un courant fermé est identique à celle d'un feuillet magnétique de même contour et dont la puissance magnétique est égale à l'intensité électromagnétique du courant.

La face positive du feuillet est à la gauche du courant.

ÉLECTRODYNAMOMÈTRE. — Appareil servant à mesurer l'intensité d'un courant par son action sur un autre courant. Il a été imaginé par Weber, et se compose d'une bobine mobile suspendue à l'intérieur d'une bobine fixe à l'aide d'une suspension bifilaire (fig. 276), dont les deux fils lui amènent le courant. L'action est proportionnelle au produit des intensités des courants qui traversent les deux bobines; si l'un de ces courants a une intensité connue, la déviation donne celle de l'autre. Le plus souvent, on fait passer le courant à mesurer dans les deux bobines : l'action est alors proportionnelle au carré de l'intensité, et son sens ne change pas quand on intervertit le courant.

L'appareil est en quelque sorte un galvanomètre dont l'aiguille est remplacée par la bobine mobile. On tourne la suspension jusqu'à ce que les axes des deux bobines soient perpendiculaires, et que l'axe de la bobine mobile soit dans le méridien magnétique, pour diminuer

autant que possible l'action de la terre. Quand on lance le courant, les bobines tendent à se placer parallèlement; un miroir fixé à la bobine mobile permet de mesurer la déviation α.

Soit C le coefficient de torsion du bifilaire, S la surface totale des spires du cadre et G l'intensité du champ pour l'intensité 1, que nous supposons constante pour toute la bobine mobile, on a

$$SGI^2 \cos \alpha = C \sin \alpha.$$

D'où

$$I^2 = \frac{C}{SG} \operatorname{tg} \alpha.$$

Les électrodynamomètres ne sont pas aussi

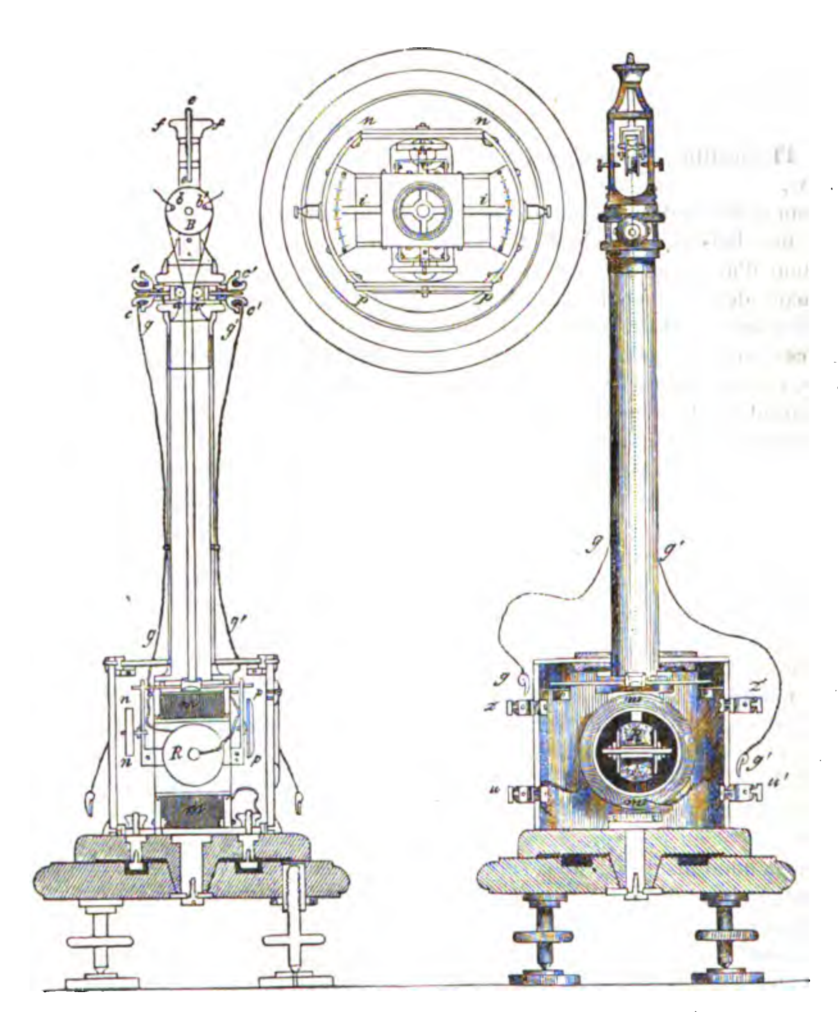


Fig. 276. — Électrodynamomètre de Weber.

sensibles que les galvanomètres, mais ils ont l'avantage de donner des indications indépendantes de l'intensité du champ terrestre, et aussi des changements de sens du courant, s'il passe dans les deux bobines; l'appareil peut alors servir à la mesure des courants alternatifs.

Électrodynamomètre de l'Association britannique. — L'Association britannique a fait construire un grand électrodynamomètre (fig. 277), actuellement déposé au laboratoire Cavendish, à Cambridge. Il est fondé sur le même principe que le précédent, et peut servir, soit à mesurer les intensités, soit à déterminer les constantes d'un galvanomètre. Il est formé de deux bobines placées parallèlement à 0,5 m. de distance et ayant un rayon moyen de 0,25 m. Chacune d'elles contient 15 couches, composées chacune de 15 tours de fil isolé. La figure montre l'ensemble et le plan de l'instrument, ainsi que les détails de la suspension bifilaire. La bobine mo-

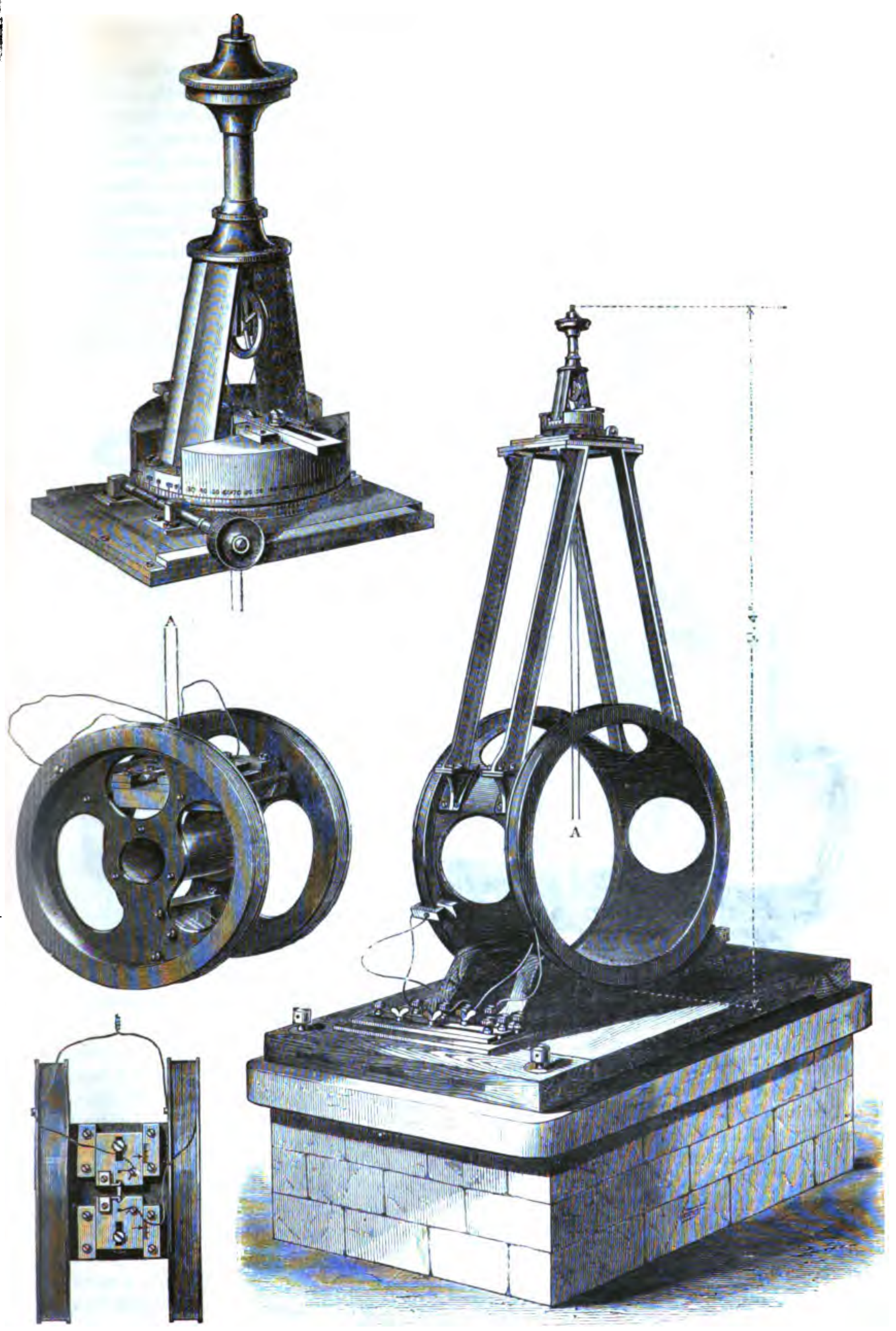


Fig. 277. — Grand électrodynamomètre de l'Association britannique.

bile, représentée sur le plan, se suspend en A. « L'égalité de tension des fils de suspension est assurée en les attachant aux extrémités d'un fil de soie qui passe sur une roue, et leur distance est réglée par deux poulies-guides placées elles-mêmes à la distance convenable. On peut donner à la bobine suspendue un mouvement vertical au moyen d'une vis agissant sur la roue de suspension, et un mouvement horizontal dans les deux sens à l'aide de deux pièces à coi que montre la figure de détail. » (Maxw Electricity.) Une vis tangente fait tourner la pension pour amener la bobine au zéro. déviations se mesurent à l'aide d'un miroir

Électrodynamomètre de Siemens. — Dans cet pareil (fig. 278), le cadre mobile, composé seul fil, est suspendu par un ressort à bo muni à la partie supérieure d'un index qui to sur un cadran divisé. A l'aide d'un bouton mo on fait tourner d'abord le ressort et le c mobile, jusqu'à ce que ce dernier soit bien pendiculaire à la bobine fixe. Quand le cou

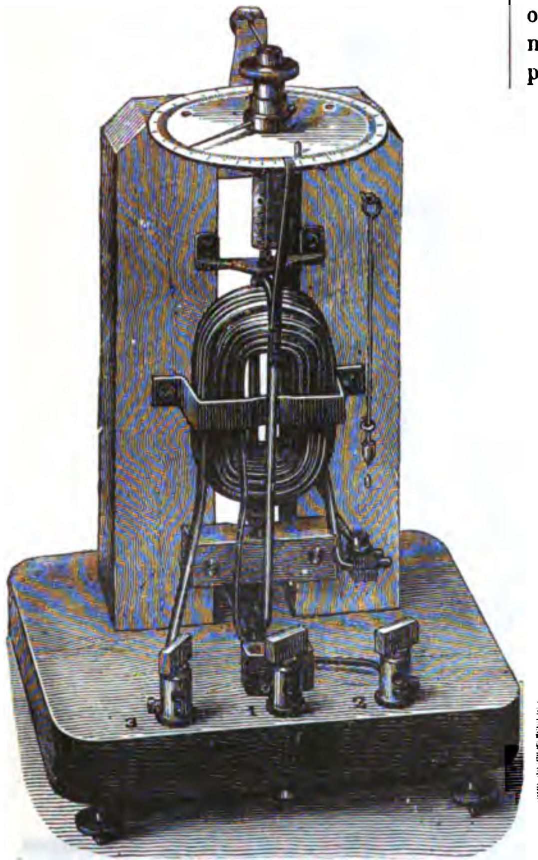




Fig. 278. — Électrodynamomètre Siemens et Halske (Berlin).

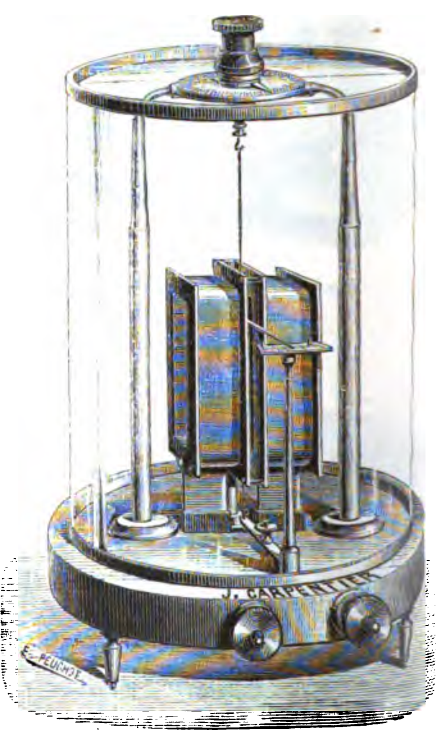


Fig. 279. — Électrodynamomètre Carpentier.

passe, le cadre est dévié; on le ramène à sa position première en tournant le bouton moleté. Le déplacement de l'index sur le cadran divisé fait connaître l'intensité, l'appareil ayant été gradué préalablement.

Électrodynamomètre Carpentier. — Cet instrument (fig. 279) est formé d'un cadre extérieur fixe, qui est une lame de cuivre rouge de grande section, parcouru par la totalité du courant; dans l'intérieur se déplace un cadre à fil fin, placé en dérivation, et qui reçoit le courant par les fils de suspension. Les lectures se font en tordant le fil pour ramener les deux cadres angle droit. L'angle de torsion se lit à la p supérieure. Le bouton supérieur est recou d'une pièce d'ébonite qui protège l'opérat

Électrodynamomètre à mercure. — M. Lippma a imaginé un électrodynamomètre à merc fondé sur le même principe que l'ampèrem décrit plus haut (fig. 51). Il en diffère seul ment en ce que l'aimant est remplacé par u bobine dont le fil est traversé, ainsi que la co lonne de mercure, par le courant à mesur Sauf le mercure, toutes les pièces sont invari

les, ce qui rend les indications exactement roportionnelles aux carrés des intensités.

Cet appareil peut donner, une fois gradué, les mesures absolues. Dans un modèle présenté . la Société des Électriciens, un courant d'inensité 1 C.G.S. (10 ampères) donnait une presion de 650 dynes par centimètre carré.

Électrodynamomètre absolu. — Les électrodyıamomètres, grâce aux avantages indiqués plus ıaut, peuvent être employés de préférence pour obtenir des mesures absolues. MM. Joule, Cazin, Mascart, Helmholtz, etc., ont fait construire dans ce but des *électrodynamomètres-balances*. Nous décrirons l'instrument imaginé par M. Pellat en 1888.

Il se compose de deux bobines concentriques à axes rectangulaires, parcourues toutes deux par le courant à mesurer (fig. 280).

L'une, longue et grosse, a son axe horizontal; l'autre, qui a son axe vertical, est placée à l'intérieur de la première, dans le champ à peu près uniforme produit par celle-ci, et se trouve par conséquent soumise à un couple qui tend à dévier son axe de la verticale. Cette bobine étant

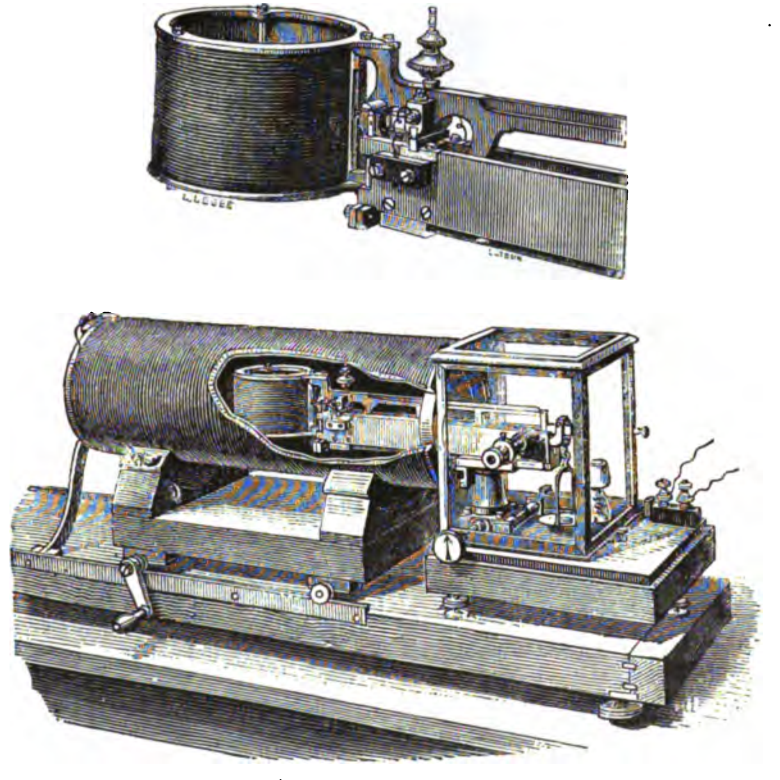


Fig. 280. — Électrodynamomètre absolu de M. Pellat.

fixée à l'une des extrémités d'un véritable fléau de balance, il suffit, pour équilibrer ce couple électrodynamique, d'ajouter des poids convenables dans le plateau suspendu à l'autre extrémité. Le couple étant évidemment proportionnel au carré de l'intensité du courant, cette intensité est obtenue en unités électromagnétiques C.G.S. par la formule

$$i = A\sqrt{p},$$

p étant le poids qu'il faut ajouter dans le plateau pour équilibrer le couple électrodynamique.

L'instrument ayant été construit avec le plus grand soin et la constante A calculée très exactement, l'erreur faite sur l'intensité d'un courant ne dépasse pas 1/2000.

On peut éliminer l'action du magnétisme terrestre en renversant, après la première mesure, le sens du courant dans la bobine fixe sans le changer dans la bobine mobile; les poids qu'il faut ôter ou ajouter sont précisément $2p$, puisque l'action de la bobine fixe a changé de sens, celle de la terre n'ayant pas changé. Dans certains cas, il est plus simple de supprimer l'ac-

tion de la terre en disposant le fléau dans le plan vertical perpendiculaire au méridien magnétique. Il faut remarquer que la constante A varie d'un lieu à un autre, car elle dépend de l'intensité de la pesanteur.

M. Pellat a fait construire, sous le nom d'*ampères-étalons*, des instruments analogues, mais moins coûteux, gradués par comparaison avec le précédent et pouvant servir à faire les mêmes déterminations avec la même précision (fig. 281). Ces appareils peuvent encore être employés pour graduer en valeur absolue les galvanomètres, ampèremètres, voltmètres.

ÉLECTRO-ENDOSCOPE. — Endoscope éclairé par l'électricité. L'*endoscope* ou *urétroscope*, imaginé par le Dr Desormeaux, sert à examiner l'intérieur de la vessie et des autres cavités du corps.

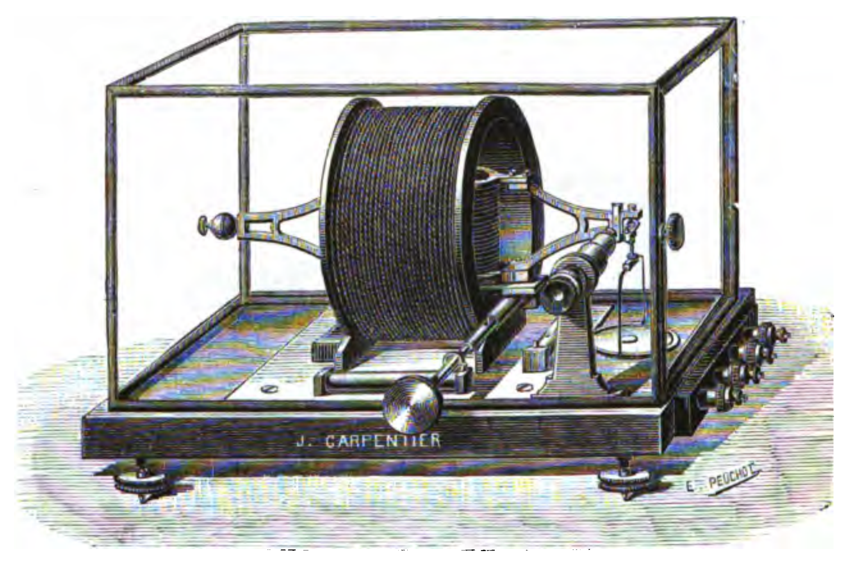


Fig. 281. — Ampère-étalon.

L'endoscope a été perfectionné par plusieurs inventeurs. Nous citerons en particulier l'appareil de MM. Nitze et Leiter, de Vienne, qui est formé d'une petite lampe à incandescence de Swan, fixée au bout d'une sonde creuse (fig. 282) ; on regarde par l'ouverture du pavillon M, qui est munie d'une petite lunette, sur laquelle un petit prisme à réflexion totale, placé à la courbure de la sonde, renvoie les rayons émis par les parois vésicales éclairées.

La première sonde sert pour examiner les deux tiers des parois (parties supérieures et latérales), la seconde pour le tiers postérieur. La lampe est actionnée par une batterie de quatre ou six éléments au bichromate, figurée à part. On introduit la sonde dans la vessie avant d'allumer la lampe, puis l'on règle l'intensité lumineuse à l'aide du rhéostat fixé devant la pile. Il faut introduire dans la vessie 200 à 300 grammes d'un liquide bien transparent (eau tiède), pour éviter l'action de la chaleur de la lampe.

ÉLECTRO-ENDOSCOPIE. — Examen des cavités par l'électro-endoscope.

ÉLECTRO-FREIN. — Organe du traducteur du télégraphe multiple de Baudot, qui établit la concordance entre la marche du traducteur et celle du distributeur. (Voy. TÉLÉGRAPHE.)

ÉLECTROGÈNE. — Qui produit de l'électricité.

Appareil électrogène des poissons. — Quelques poissons, notamment la torpille, le gymnote et le malaptérure possèdent des appareils électriques assez puissants pour donner des secousses comparables à celles d'une bouteille de Leyde. Cet appareil est disposé chez la torpille de chaque côté de la tête, entre les nageoires pectorales et les branchies, et présente la forme d'un croissant épais aux cornes arrondies (fig. 283). Il est constitué par une série de disques d'une substance transparente, homogène, que Ch. Robin a nommée tissu électrique. Ces disques sont séparés par de petites couches d'un liquide albumineux, et réunis en grand nombre de manière à former une certaine quantité de petites colonnes (fig. 284), qui rappellent assez bien la disposition d'une pile de Volta.

Aussi a-t-on tout d'abord comparé l'appareil électrique des poissons à une pile. Mais, s'il en était ainsi, cet [appareil devrait fonctionner d'une manière] continue, ce qui n'a pas lieu.





Fig. 282. — Endoscope et sonde Nitze et Leiter.

C'est seulement lorsque l'animal est irrité qu'il lance des décharges : l'appareil électrique est un organe de protection et de défense. Il paraît donc plus naturel de le comparer à ce qui se

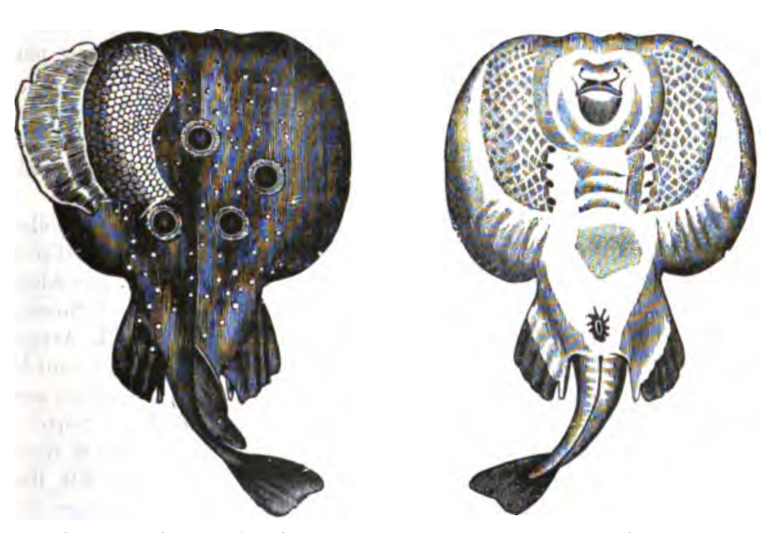


Fig. 283. — Face dorsale et face ventrale de la torpille montrant l'appareil électrique.

produit dans les phénomènes électro-capillaires.

Il suffit qu'entre deux corps en présence les surfaces changent de rapport, pour qu'il se pro-

duise aussitôt une différence de potentiel. Or l'appareil électrique de la torpille et du gymnote est contractile et musculaire; chaque fois qu'il se contracte, les piles de disques diminuent

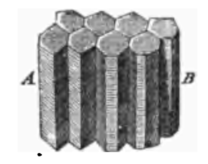


Fig. 284. — Appareil électrique de la torpille.

de longueur et par suite leur section augmente. De là doit résulter une petite différence de potentiel entre chaque élément contractile et le liquide voisin et, comme le nombre des éléments est considérable, la somme des différences de potentiel peut être assez grande.

L'appareil électrique de la torpille, placé de chaque côté du corps, comprend plus de 500 colonnettes disposées verticalement et formées chacune d'environ 1500 ou 2000 disques.

Le pôle positif est du côté du ventre. L'appareil est sous la dépendance des nerfs pneumogastriques. Il peut donner des secousses assez fortes pour engourdir le bras. L'animal se sert de ce moyen pour s'emparer de sa proie.

Les colonnettes de l'appareil électrogène sont séparées les unes des autres par des cloisons du tissu lamineux dans lesquelles arrivent les vaisseaux et les nerfs. Ces derniers viennent des racines antérieures des paires nerveuses, de celles qui correspondent aux nerfs moteurs; leurs tubes se terminent à la surface des prismes ou disques par des extrémités libres très effilées, après s'être subdivisés chacun en branches très nombreuses. Ces nerfs se distribuent à l'une d s faces du disque, laquelle ne reçoit pas de vaisseaux. Ces capillaires ne se ramifient pas dans le disque, mais s'enfoncent en décrivant des flexuosités dans les excavations ou alvéoles creusés dans ces disques. L'ensemble de l'appareil est enveloppé par une couche de tissu lamineux. Rien de plus caractérisé que l'élément *sui generis* qui compose les disques, que la configuration de ceux-ci et que leur juxtaposition en piles par l'intermédiaire de cloisons riches en vaisseaux et en nerfs; rien de plus constant que la distribution des nerfs à l'exclusion des vaisseaux sur la face du disque qui regarde le pôle positif, tandis que les vaisseaux, à l'exclusion des nerfs, occupent la face tournée vers le pôle négatif; rien de plus net que le mode de terminaison des nombreux tubes nerveux volontaires et régulateurs des actes de l'appareil qui aboutissent à chacun de ses disques.

Chez le gymnote, qui présente la forme d'une anguille, les piles de disques sont beaucoup plus longues : elles sont dirigées de la tête à la queue, de chaque côté de la ligne médiane, et peuvent atteindre une longueur de 0,60 m. Les piles de disques sont au nombre d'environ 50, formées de 4,000 disques. Le pôle positif est du côté de la queue.

Plusieurs autres poissons possèdent des appareils analogues.

Électrogène Hannay. — Disposition très simple, indiquée par M. Hannay, ingénieur à Glascow, pour éviter les incrustations dans les chaudières. Il suffit d'y placer une masse de zinc, en forme de sphère ou de cylindre, traversée par une tige de cuivre portant à ses deux extrémités des fils de même nature qu'on soude aux parois de la chaudière. On ajoute enfin au liquide du sel marin, dans la proportion de 4 kilogrammes par mètre cube. Quand on chauffe, il se forme une véritable pile; l'oxygène se porte sur le zinc et l'hydrogène sur le fer de la chaudière. L'hydrogène fait bientôt détacher les incrustations qui existent sur la chaudière et empêche qu'il s'en produise de nouvelles.

L'appareil peut fonctionner six mois; il est employé par a marine anglaise et expérimenté en France.

ÉLECTROGENÈSE ou **ÉLECTROGÉNIE.** — Béraud et Charles Robin, qui ont fait beaucoup d'expériences sur ce sujet, ont donné ce nom à la production de l'électricité par les tissus vivants.

ÉLECTROGRAPHIE. — On donne quelquefois ce nom à la télégraphie, lorsqu'elle est effectuée par des appareils qui enregistrent les dépêches.

Le plus souvent, on nomme électrographie la gravure en creux ou en relief produite par l'électricité, à l'aide des procédés galvanoplastiques (V. ÉLECTROTYPIE et PHOTOGRAVURE).

ÉLECTROHARMONIQUE (APPAREIL). — Appareil télégraphique qui reproduit les sons en leur conservant leur hauteur, mais non leur timbre.

ÉLECTROLECTEUR. — Sorte de télégraphe autographique inventé par M. Recordon en 1871, perfectionné en 1874 par MM. Recordon et Turettini et destiné à la lecture des aveugles. Il reproduit en relief les caractères imprimés ou manuscrits. On remplace ainsi les impressions en relief employées dans les établissements d'aveugles et qui sont très coûteuses.

ÉLECTROLYSABLE. — Qui peut être électrolysé, c'est-à-dire décomposé par un courant électrique.

ÉLECTROLYSATION ou **ÉLECTROLYSE.** — Décomposition d'un corps par un courant électrique.

Si l'on plonge dans un liquide *composé* les extrémités de deux fils attachés aux deux pôles d'une pile, la colonne de liquide interposée ne se conduit jamais comme un simple conducteur. Deux cas se présentent : ou bien le liquide se comporte comme un isolant parfait, et le courant ne passe pas, ou bien le courant passe et le liquide est décomposé. Seuls les corps *simples* (mercure, métaux fondus) agissent seulement comme des conducteurs. On appelle *électrolyte* la substance qu'on décompose, et *électrodes* les fils ou lames qui terminent les rhéophores et plongent dans le composé. L'électrode qui est réunie au pôle positif s'appelle *électrode positive*, l'autre *électrode négative*.

Électrolyse des composés minéraux. — Les composés résultant de l'union de l'hydrogène ou d'un métal avec un radical simple ou composé sont décomposés par le courant : l'hydrogène ou le métal *suit le sens du courant*, et par conséquent se dégage à l'électrode négative *si l'électrolyse se fait dans le circuit extérieur de la pile*. Le radical, simple ou composé, se porte à l'autre électrode.

Cette propriété du courant fut découverte en 1800 par Carlisle et Nicholson, qui décomposèrent l'eau acidulée par l'acide sulfurique. On répète cette expérience à l'aide du *voltamètre* (fig. 285) : c'est un vase de verre dont le fond



Fig. 285. — Électrolyse de l'eau acidulée.

est traversé par deux petits fils ou lames de platine qu'on relie aux deux pôles d'une pile.

Le vase étant plein d'eau acidulée, il se dégage de l'oxygène sur l'électrode positive et de l'hydrogène sur l'autre : ce dernier gaz a un volume double de celui du premier. On recueille ces gaz dans deux petites éprouvettes graduées placées sur les électrodes.

L'eau pure n'étant pas décomposée par le courant, on doit admettre que le véritable électrolyte est l'acide étendu SO^4H^2, qui donne de l'hydrogène à l'électrode négative, tandis que le radical SO^4, se rendant à l'électrode positive, y décompose l'eau en reproduisant l'acide sulfurique et dégageant de l'oxygène.

Davy, en 1807, a décomposé la potasse par la pile et découvert le potassium : un morceau de potasse solide était posé sur une plaque métallique reliée au pôle positif ; l'électrode négative plongeait dans une cavité pleine de mercure, creusée à la partie supérieure. On voyait le mercure s'épaissir et l'on obtenait un amalgame dont on pouvait extraire le potassium en vaporisant le mercure dans un gaz inerte.

Tous les oxydes, chlorures et sulfures métalliques se décomposent de même, le métal se portant seul au pôle négatif.

L'électrolyse des sels oxygénés se fait ordinairement dans un tube où plongent deux lames de platine (fig. 286). Si le tube contient

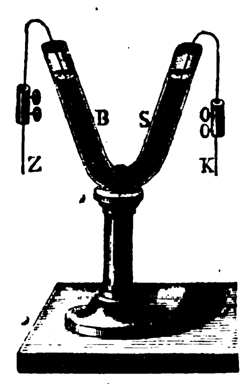


Fig. 286. — Électrolyse des sels.

du sulfate de cuivre SO^4Cu, l'électrode négative B se couvre aussitôt d'une couche de cuivre rouge, tandis que SO^4 se porte au pôle positif. On obtient des résultats analogues avec tous les sels, sauf les sels alcalins, comme nous l'indiquons ci-dessous.

Les électrolytes doivent toujours être fondus ou dissous. Lorsqu'on les emploie fondus, on se sert d'un tube en métal au fond duquel est soudée l'une des électrodes, l'autre plongeant à la surface de la substance en fusion (fig. 288).

Hypothèse de Grotthus. — Dans toute électrolyse, par exemple dans celle de l'eau, il est à remarquer que, comme dans toutes les expériences du même genre, les corps mis en liberté se dégagent seulement sur les deux électrodes, et nullement dans l'espace intermédiaire, qui est

cependant aussi parcouru par le courant électrique. Grotthus, en 1805, a donné de ce fait l'explication suivante.

Dès que le courant traverse le liquide, les éléments combinés dans chacune des molécules s'orientent de la même manière, l'hydrogène se tournant toujours vers l'électrode négative et le radical SO^4 vers le pôle positif (fig. 287), puis

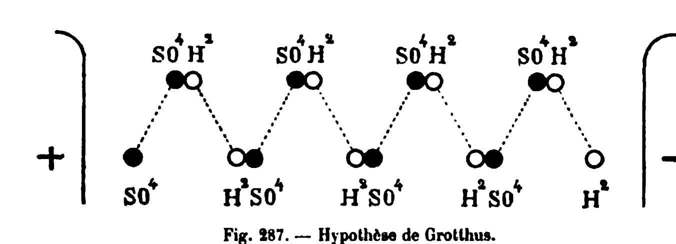


Fig. 287. — Hypothèse de Grotthus.

chacun de ces éléments se dirige vers le pôle correspondant; mais, dans ce mouvement, chaque molécule du radical rencontre l'hydrogène de la molécule voisine, qui chemine en sens contraire, et se recombine avec lui. Seules les molécules les plus rapprochées des pôles ne trouvent pas l'autre élément, mis en liberté, et par suite se dégagent sur les électrodes.

On peut supposer en outre que les molécules des deux éléments ou radicaux qui se séparent sont les seuls véhicules de l'électricité, celui qui va au pôle positif étant électrisé négativement, l'autre positivement. C'est pourquoi l'on nomme *électro-négatif* l'élément qui va au pôle positif, et *électro-positif* celui qui se dirige vers l'électrode négative.

Électrolyse dans l'intérieur des piles. — Comme nous l'avons dit plus haut, en réalité l'hydrogène et les métaux suivent le sens du courant; par conséquent, dans les réactions chimiques qui se produisent à l'intérieur des piles, l'hydrogène et les métaux se portent au pôle *positif*, tandis que les corps combinés avec eux se rendent au pôle *négatif*.

Actions secondaires. — Si les éléments mis en liberté aux deux pôles sont capables d'attaquer soit le liquide, soit les électrodes, ils réagissent au lieu de se dégager, et l'on n'obtient que les produits de ces actions secondaires. Ainsi, quand on décompose le sulfate de cuivre, le radical SO^4, se portant au pôle positif, y décompose l'eau en reformant de l'acide sulfurique SO^4H^2, et l'oxygène est mis en liberté. Si, dans cette opération, l'anode est formée d'une substance attaquable, telle qu'une lame de cuivre, elle se transforme peu à peu en sulfate sous l'action de ce radical : par suite, le liquide ne s'appa... pas, et l'anode subit une perte de poids e... ment égale à l'augmentation de la cathode... ainsi que dans la galvanoplastie on se ser... nodes solubles pour empêcher l'affaiblissem... des bains.

L'électrolyse des sels alcalins offre un ex... ple remarquable d'actions secondaires. Si ... décompose du sulfate de s... le métal qui se rend à l'éle... négative y décompose l'ea... donne de la soude et de l'h... gène : le sodium n'est don... mis en liberté. D'un autre c... radical SO^4 donne à l'éle... positive de l'acide sulfuriq... de l'oxygène. On voit don... dégagement de gaz aux d... pôles, et du sirop de vio... ajouté au liquide verdit au pôle néga... l'action de la soude, et rougit au pôle p... sous l'influence de l'acide sulfurique.

Si l'on décompose l'eau en prenant p... électrode négative une lame de platine re... verte de peroxyde de plomb, l'hydrogène ne... dégage pas, mais décompose le peroxy... l'on décompose un chlorure ou un cyanure... prenant pour électrode positive une lame c... ou d'argent, le chlore ou le cyanogène ne se... gage pas, mais il attaque l'anode et la dis...

Électrolyse des sels organiques. — Les sels ... acides organiques sont décomposés par le c... rant, comme les sels minéraux : le méta... porte donc au pôle négatif, l'oxygène et le... ments de l'acide anhydre au pôle positif. L... ces derniers donnent en général des ac... secondaires. Ainsi, les benzoates donnen... pôle positif de l'oxygène et de l'acide benzoï... qui cristallise. Au contraire, dans l'électroly... d'un acétate alcalin, le métal se rend à l'é... trode négative et y décompose l'eau avec d... gement d'hydrogène, tandis que l'oxygène... l'acide anhydre se rendent à l'autre pôle.

Pôle — Pôle +

$$C^4H^3KO^4 = K + C^4H^3O^3 + O$$
$$[2C^2H^3KO^2 = 2K + C^4H^6O^3 + O].$$

Là, ils réagissent l'un sur l'autre en donn... de l'acide carbonique et de l'hydrure d'éth... lène

$$2C^4H^3O^3 + O = 2C^2O^4 + C^4H^6$$
$$[C^4H^6O^3 + O = 2CO^2 + C^2H^6].$$

M. Kolbe a obtenu de même le dibutyle et ... butylène à l'aide des valérates.

Le succinate de soude donne de l'éthylène, les sels des acides fumarique et maléique donnent de l'acétylène. L'acide formique et les formiates donnent uniquement de l'acide carbonique au pôle + et de l'hydrogène au pôle —.

Lois de Faraday. — Les décompositions électrolytiques obéissent à des lois quantitatives, qui ont été établies par Faraday, et qui peuvent se résumer ainsi :

Lorsqu'un courant traverse un électrolyte quelconque, chaque coulomb décompose toujours $\frac{1}{96\,600}$ *ou* 0,00001035 *de son équivalent en poids.*

Cette loi est absolument générale ; elle s'applique également aux électrolytes placés dans le circuit extérieur ou à l'intérieur de la pile. On la vérifie en intercalant dans un même circuit un voltamètre à eau et des tubes contenant différents sels, par exemple en T du protochlorure d'étain fondu, et en v, v', v'', v''' du sulfate de cuivre, de l'acétate de plomb, du nitrate d'argent, du sulfate de cadmium (fig. 288). Toutes les électrodes sont en platine pour éviter les actions secondaires.

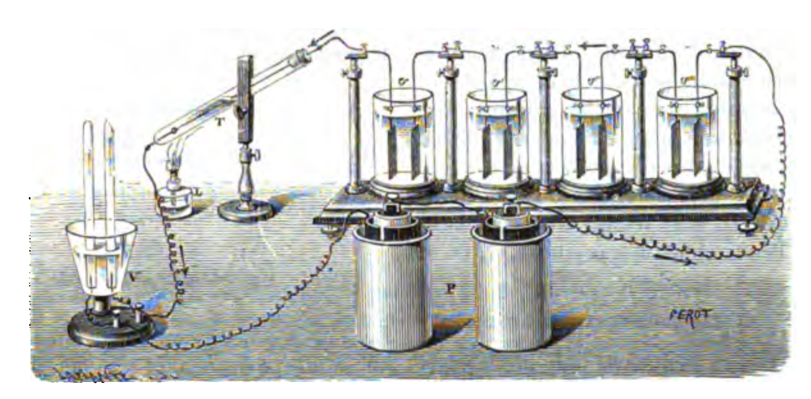


Fig. 288. — Vérification de la loi de Faraday.

Les équivalents qui satisfont à cette loi sont dits *équivalents électrochimiques :* ce sont 1 pour l'hydrogène, 8 pour l'oxygène, etc. Pour les oxydes et chlorures supérieurs, il faut, pour que la loi soit applicable, écrire leur équivalent de façon qu'il renferme un seul équivalent du radical associé au métal : $\overset{2}{Fe^3}Cl, SO^4\overset{2}{Fe^3}$, etc.

Si le courant se bifurque, il est évident que l'action chimique dans chaque dérivation est inférieure à l'action totale, et en raison inverse de la résistance de cette dérivation. Si l'on installe deux voltamètres V et V' sur le circuit général (fig. 289) et deux autres v et v' en dérivation entre les premiers, les quantités d'eau décomposées sont égales en V et V' ; elles sont aussi égales en v et v', les deux dérivations ayant même résistance, mais elles sont moitié moindres que dans les deux premiers vases.

Ces lois permettent de mesurer l'intensité des courants en valeur absolue à l'aide des actions électrolytiques (Voy. INTENSITÉ).

Travail de l'électrolyse. — Il résulte des lois précédentes, qu'une quantité déterminée d'électricité, par exemple un coulomb, traversant divers électrolytes, en décomposera des quantités équivalentes. Ainsi un coulomb décompose toujours, quel que soit l'électrolyte, $\frac{1}{96\,600}$ ou 0,000 010 35 de son équivalent en poids. Soit a cette fraction et e l'équivalent en poids. Un coulomb décompose donc toujours un poids ae d'é-

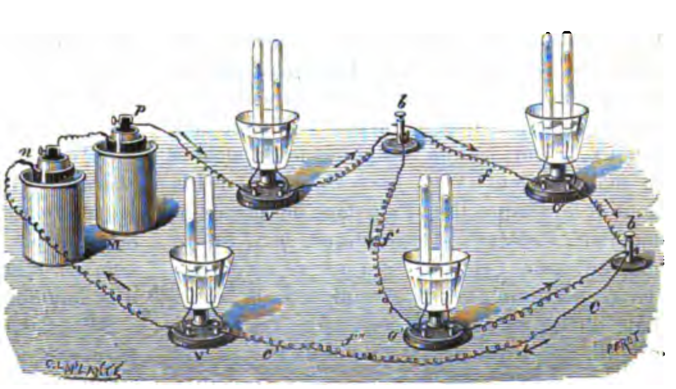


Fig. 289. — Vérification de la loi de Faraday.

lectrolyte. Or, cette décomposition exige une quantité de chaleur variable suivant la nature des composés; le travail fourni par un coulomb varie donc aussi en même temps. Mais le travail électrique étant toujours le produit d'une différence de potentiel par une quantité, il doit nécessairement se produire entre les deux électrodes d'un voltamètre une chute de potentiel ε telle que, en la multipliant par un coulomb, on obtienne, en watts, le travail correspondant à la décomposition d'un poids *ae* du composé.

Si Q est le nombre de calories-grammes dégagé par la formation d'un équivalent *e* de la substance, à partir des éléments que met en liberté l'électrolyse, la quantité dégagée pour un coulomb est *a*Q, et le travail correspondant J*a*Q, J étant l'équivalent mécanique 4,17. On a donc :

$$\varepsilon = JaQ = 4{,}17 \times 0{,}00001035\,Q = 0{,}0432\,Q,$$

équation qui donne la chute de potentiel ε pour un électrolyte déterminé.

Prenons l'eau pour exemple; on sait que Q = 34 600 calories : on en tire ε = 1,49 volt, ce qui explique pourquoi il est impossible de décomposer l'eau avec un seul élément de Volta ou de Daniell, la force électromotrice de ces couples étant inférieure à 1,49.

Applications de l'électrolyse. — Il est peu de phénomènes électriques qui présentent des applications aussi nombreuses que l'électrolyse. Nous citerons en premier lieu la mesure de l'intensité des courants (Voy. INTENSITÉ), puis la galvanoplastie, l'électrochimie et leurs diverses branches, l'électro-métallurgie, l'affinage des métaux, la purification des phlegmes et alcools de mauvais goût (Voy. ALCOOLS), le blanchiment et la désinfection, l'ajustage des pièces de monnaie, l'analyse électrolytique, etc. Enfin, non seulement l'électrolyse a permis de découvrir certains métaux (potassium, sodium, etc.), mais elle est encore pour certains autres le seul mode de préparation, ou au moins le procédé le plus avantageux.

ÉLECTROLYTE. — Composé susceptible d'être décomposé par un courant électrique. Les électrolytes doivent être liquides; les corps solides doivent donc être fondus ou dissous.

ÉLECTROLYTIQUE. — Qui a le caractère d'un électrolyte ou qui a rapport à l'électrolyse.

ÉLECTROMAGNÉTIQUE. — Qui a rapport aux phénomènes de l'électromagnétisme.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — Action des courants sur les aimants et des aimants sur les courants. Quelquefois on comprend aussi s[ous] ce nom les actions réciproques des cour[ants] que nous avons décrites au mot ÉLECTRO[DYNA]MIQUE.

Action des courants sur les aimants. — Œrst[ed a] constaté en 1820 qu'une aiguille aimantée p[eut] être déviée de sa position d'équilibre par l'ac[tion] d'un courant. Une aiguille aimantée m[obile] dans un plan horizontal étant en équilibre [dans] le méridien magnétique (fig. 290), on tend [dans]

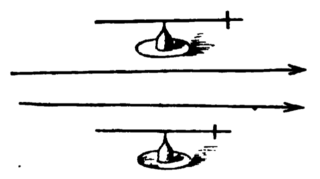


Fig. 290. — Expérience d'Œrsted.

ce plan, au-dessus ou au-dessous d'elle, u[n fil] de cuivre dans lequel on lance un cou[rant]. L'aiguille est déviée immédiatement d'un a[ngle] d'autant plus grand que le courant est [plus] intense.

Œrsted a déterminé le sens de la dévia[tion] dans les différents cas, et Ampère a ré[sumé] ces résultats dans un énoncé unique. Pour [cela] il supposait placé sur le fil de cuivre un o[bser]vateur recevant le courant des pieds vers la [tête] et tourné constamment de manière à rega[rder] l'aiguille aimantée. On appelle gauche et dr[oite] du courant la gauche et la droite de cet o[bser]vateur.

Dans ces conditions, *le pôle nord de l'aig[uille] est toujours dévié vers la gauche du courant.*

La déviation augmentant avec l'intensit[é du] courant, l'expérience d'Œrsted fournit [un] moyen de mesurer les intensités; tel est en [effet] le principe du galvanomètre et d'un cer[tain] nombre d'instruments analogues (ampèrem[è]tres, boussoles).

Dans l'expérience d'Œrsted, l'aiguille ten[d à] se placer perpendiculairement au courant[;] elle y arriverait toujours, quelle que soit [l'in]tensité, si l'action de la terre ne tendait [à la] ramener dans le méridien. Pour s'en assur[er] on répète l'expérience avec une aiguille d[ont] le pivot est parallèle à l'aiguille d'inclinai[son] et qui tourne par suite dans un plan perpe[n]diculaire à cette direction.

Expériences de Biot et Savart. — Un coura[nt] rectiligne indéfini donne évidemment p[our] surfaces de niveau des plans équidistants pass[ant] par son axe, et pour lignes de force des cer[cles] concentriques ayant leurs centres sur l'axe de

conducteur. La force est la même en tous les points d'une même circonférence; Biot et Savart ont montré qu'elle varie en raison inverse de la distance.

Une très petite aiguille aimantée étant suspendue à un fil de soie, on la fait osciller d'abord sous la seule action de la terre, et l'on détermine le nombre d'oscillations n qu'elle fait en une seconde. On a, d'après la formule du pendule (Voy. MÉTHODE DES OSCILLATIONS),

$$n^2 = KH,$$

H étant l'intensité horizontale du champ terrestre, et K une constante qui dépend du moment d'inertie de l'aiguille et de son aimantation.

On place ensuite un fil de cuivre vertical à une distance a dans le plan vertical mené par le milieu de l'aiguille perpendiculairement au méridien, et l'on fait passer un courant dans ce fil. L'aiguille oscille alors sous l'action simultanée $H + F$ de la terre et du courant, et l'on a

$$N^2 = K(H + F).$$

Transportant ensuite le courant à une distance a' dans le même plan, on a

$$N'^2 = K(H + F').$$

D'où

$$\frac{F}{F'} = \frac{N^2 - n^2}{N'^2 - n^2}.$$

Si l'on calcule le second membre, on trouve qu'il est égal à $\frac{a'}{a}$. Donc

$$\frac{F}{F'} = \frac{a'}{a}.$$

On vérifie d'ailleurs que l'action est proportionnelle à l'intensité. Donc

$$F = \frac{2ki}{a},$$

la constante k dépendant de l'unité choisie pour l'intensité.

Loi élémentaire de Laplace. — Laplace a calculé, en partant de l'expérience précédente, l'action réciproque d'un pôle et d'un élément de courant. Il a trouvé

$$f = k\frac{mi\,ds \sin\alpha}{r^2},$$

m étant la masse du pôle, ds la longueur de l'élément de courant, r la distance du pôle au milieu de l'élément, et α l'angle de l'élément ds avec la distance r. L'action de l'élément sur le pôle est appliquée au milieu de l'élément et de la droite r; elle est dirigée vers la gauche du courant, l'observateur qui la personnifie regardant le pôle. L'action du pôle sur l'élément est évidemment une force égale et directement opposée à la première; elle est donc appliquée au milieu de l'élément et non au pôle. Cependant, si, au lieu d'un élément, on considère un courant fermé tout entier, la résultante des actions d'un pôle sur ce courant passe par le pôle.

En transformant la valeur de f, on peut donner à la loi de Laplace la forme suivante :

L'action qui s'exerce sur un élément de courant placé dans un champ magnétique est égale au produit de l'intensité électromagnétique du courant par l'aire du parallélogramme construit sur l'élément et l'intensité du champ. Elle est dirigée normalement au plan du parallélogramme, vers la gauche du courant, si celui-ci regarde dans la direction du champ.

Action des aimants sur les courants. — La loi de Laplace fait connaître à la fois l'action d'un courant sur un aimant et l'action réciproque, mais nous n'avons vérifié expérimentalement que la premère. Pour vérifier la seconde, il suffit de faire agir un aimant fixe sur un courant mobile, ce qui peut se faire à l'aide de l'appareil décrit à l'article ÉLECTRODYNAMIQUE. Ces actions peuvent encore se manifester par un certain nombre d'expériences qu'on trouvera soit au mot ROTATION, soit à leur ordre alphabétique.

ÉLECTRO-MÉDICAL (APPAREIL). — (Voy. ÉLECTRICITÉ MÉDICALE, BOBINE, MACHINE D'INDUCTION.)

ÉLECTRO-MÉGALOSCOPE. — Appareil imaginé par le Dr Boisseau du Rocher, et qui sert à éclairer les cavités intérieures du corps pour en faciliter l'observation. Une petite lampe à incandescence, de 4 mm. de diamètre, alimentée par une pile à insufflation du même inventeur, est fixée à l'extrémité d'une sonde droite ou courbe et éclaire l'organe dans lequel on l'introduit. Un petit prisme reçoit les rayons émis par l'organe éclairé et les dirige suivant l'axe de l'instrument; ils traversent ensuite un système de deux lentilles convergentes à court foyer, qui donnent une image réelle et très petite de la partie éclairée. Cette image est observée à l'aide d'une lunette qui termine la sonde, et qui donne le grossissement qu'on désire. Cet appareil diffère de l'électro-endoscope, du polyscope, etc., par la disposition du système optique, qui permet d'observer un champ considérable sans déformation, en grandeur naturelle

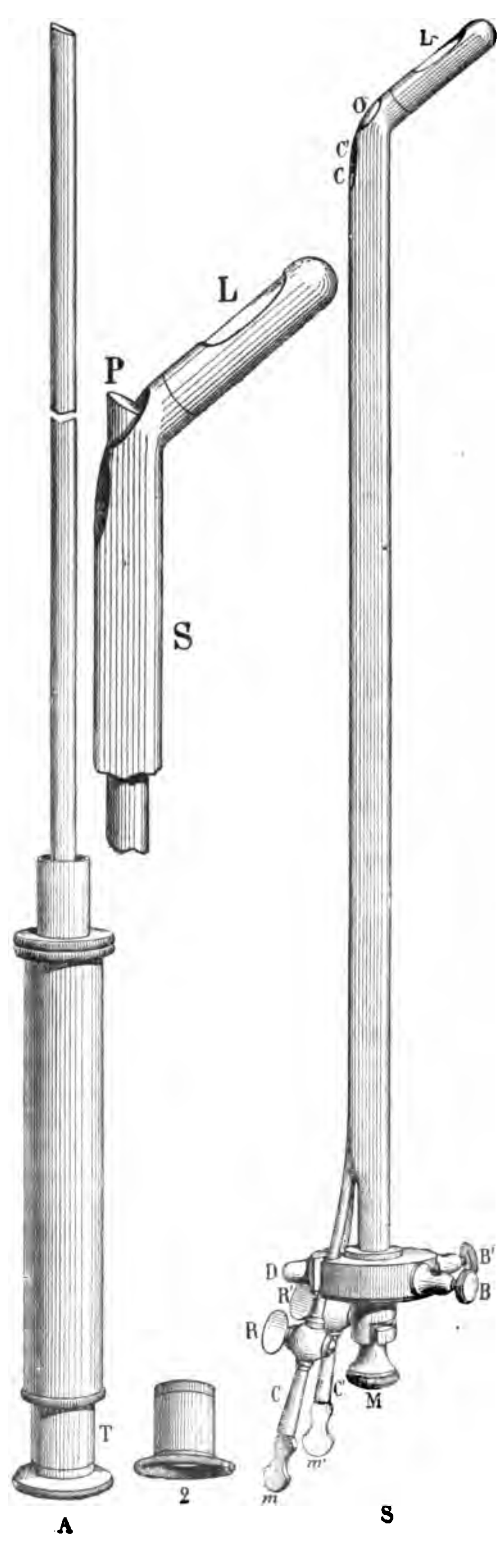


Fig. 291. — Électro-mégaloscope de Boisseau du Rocher.

ou avec le grossissement voulu et d'avoir une vue d'ensemble de l'organe.

Les dispositions mécaniques offrent en outre les avantages suivants : 1° lavage de la cavité à examiner avec l'endoscope lui-même, pour que l'on puisse renouveler le lavage s'il en est besoin, en retirant la partie optique seule ; 2° possibilité d'entretenir la limpidité du liquide tout en faisant l'examen (fait important pour la vessie par exemple) ; 3° faculté de pratiquer avec l'instrument diverses opérations sur l'organe que l'on examine ; 4° asepticité complète de l'instrument, grâce à un montage spécial des lentilles, qui permet de passer l'instrument à l'étuve et aux acides.

La figure 291 montre l'électro-mégaloscope vésical ; l'extrémité de la sonde est représentée séparément :

L lanterne et lampe à incandescence. O ouverture pour le passage de la partie optique P. C C' sonde à double courant pour lavage, cathétérisme des uretères, etc. B, B' contacts. D bouton repère. M, *m*, *m'* mandrins fermant les ouvertures O, C, C' pour permettre l'introduction dans l'organe. R, R' robinets. A partie optique munie de ses occulaires 1, 2. S sonde. P objectif faisant saillie dans l'organe par l'ouverture O.

ÉLECTROMÉTALLURGIE. — L'électrométallurgie a pour but soit de séparer les métaux de leurs minerais par l'électrolyse, soit de les purifier par le même procédé. Le cuivre et le plomb ont seuls été jusqu'à présent raffinés dans l'industrie par voie électrolytique ; on a l'avantage de les obtenir ainsi chimiquement purs et d'en extraire en même temps les petites quantités de métaux précieux qu'ils peuvent contenir. Les méthodes employées dans ce but sont décrites aux mots Affinage et Analyse. Nous n'y reviendrons pas, et nous indiquerons ici seulement les procédés qui servent au traitement des minerais.

L'origine de l'électrométallurgie est l'expérience par laquelle Davy en 1807 a découvert le potassium. Les premiers essais industriels ont été faits par Becquerel en 1835 dans une usine située à Grenelle. Du minerai d'argent pulvérisé était d'abord chloruré, puis dissous dans l'eau salée. 900 mètres cubes de cette solution furent soumis en une seule fois à l'électrolyse et donnèrent en vingt-quatre heures 500 kilogrammes d'argent. Après dix ans d'essais, Becquerel reconnut que le procédé électrolytique donnait de bons résultats, mais qu'il était plus coûteux que le procédé métallurgique or-

dinaire. Il en est encore malheureusement de même aujourd'hui dans la plupart des cas.

Préparation électrolytique des métaux. — Les procédés électrolytiques sont cependant employés dans quelques usines. Ainsi M. Létrange, dans ses usines de Saint-Denis et de Romilly, extrait le zinc de son sulfure, la *blende*. Une certaine quantité de blende est grillée à une température modérée dans un four à réverbère, puis traitée par l'eau qui dissout le sulfate formé. La dissolution est ensuite électrolysée et laisse déposer une partie du zinc. Le résidu liquide, devenu plus riche en acide sulfurique, est versé sur du minerai, et reforme du sulfate qu'on électrolyse de nouveau. En utilisant ainsi l'acide sulfurique des bains, il suffit de griller un peu de minerai pour compenser les pertes. Les cathodes, qui doivent être insolubles, sont en plomb, les anodes en zinc. Le courant est fourni par une machine de Gramme et un moteur à vapeur.

MM. Blas et Miest ont fait breveter en Belgique en 1881 un procédé plus avantageux. Le minerai est broyé et aggloméré par une forte pression, sous l'influence de la chaleur, en plaques que l'on utilise comme anodes solubles dans une dissolution de sulfate de zinc. Les cathodes sont en zinc. L'électrolyse donne un dépôt de zinc et de l'acide sulfurique, qui attaque la blende en régénérant le sulfate avec dépôt de soufre. L'énergie à fournir est 2,5 fois plus faible que dans la méthode précédente.

Ce procédé n'a pas été utilisé industriellement, mais il a été appliqué par M. Marchese aux minerais de cuivre. La *Societa anonima italiana di miniere di reame e di electrometalurgia* et la *Société anonyme de Stolberg et de Westphalie* (1885) exploitent ce procédé.

Fusion des minerais. — Une autre branche de l'électrométallurgie n'a rien de commun avec l'électrolyse : elle consiste à fondre les minerais par la chaleur de l'arc voltaïque : on obtient ainsi une température supérieure à celle que donne la combustion du charbon ou même de l'hydrogène.

M. W. Siemens se sert d'un creuset ordinaire C placé dans une enveloppe métallique (fig. 292), dont il est séparé par une matière D infusible et conduisant mal la chaleur, par exemple du charbon de bois pulvérisé. Une tige de fer ou de platine E, reliée au pôle positif d'une puissante machine, traverse le fond du creuset, et un charbon F, en communication avec le pôle négatif, traverse le couvercle. Un régulateur APA'B règle automatiquement l'arc électrique et remédie à l'usure du charbon négatif.

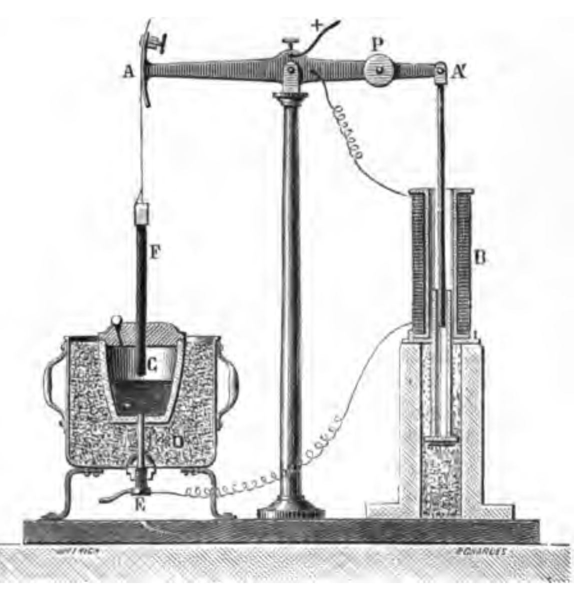


Fig. 292. — Creuset électrique de W. Siemens.

Le fourneau électrique présente les avantages suivants : température théoriquement illimitée, atmosphère complètement neutre, exécution facile ; en outre, la température de la masse est supérieure à celle du creuset, contrairement à ce qui a lieu dans les procédés ordinaires.

Préparation électrique de l'aluminium. — L'aluminium est l'un des métaux qu'il y aurait le plus d'avantages à obtenir par l'électricité. « Il semble en effet posséder à lui seul toutes les qualités qui font rechercher les différents métaux. Il est à la fois aussi ductile et aussi malléable que le cuivre, aussi tenace que le fer, aussi inaltérable à l'air que l'or et l'argent, excellent conducteur de la chaleur et de l'électricité, plus fusible que le cuivre et l'argent, et par conséquent très facile à couler et à travailler au marteau. En outre, il possède une légèreté extraordinaire qui le rendrait plus précieux encore dans maintes circonstances. Sa densité est trois fois moins grande que celle du fer, quatre fois moins grande que celle du cuivre ; elle est égale seulement à 2,56.

« En outre, l'aluminium s'allie avec un grand nombre de métaux, et leur donne une série de

propriétés nouvelles et précieuses. C'est ce qui arrive avec le cuivre quand on l'y ajoute dans une proportion variant de 2 à 10 p. 100; il le rend plus inaltérable, plus dur, plus tenace, tout en lui laissant sa ductilité et sa malléabilité.

« Au prix où est actuellement l'aluminium (plus de 100 francs le kilogramme), il n'est guère employé à l'état pur que pour la confection d'instruments d'optique et de chirurgie. Allié au cuivre et constituant le bronze d'aluminium, il sert en orfèvrerie ; on en fait des coussinets de tour, des navettes de tisserand, des casques, des fourreaux de sabre, des objets d'art. Mais si l'on pouvait le livrer à 5 ou 6 francs le kilogramme, on le verrait se substituer très avantageusement, dans une infinité de circonstance, aux métaux précieux, au fer et au cuivre lui-même. » (BOUANT, *la Galvanoplastie.*)

Cette production économique de l'aluminium, c'est à l'électricité qu'on la demande aujourd'hui, et il semble qu'on soit sur la voie d'une solution prochaine. Deux procédés sont employés.

La méthode de M. Cowles, appliquée régulièrement dans les ateliers de la *Cowle' s electric smelting and aluminium Company,* de Cleveland (Ohio), est fondée sur l'emploi du creuset électrique. Le minerai (corindon) est concassé, mélangé avec du cuivre et du charbon et introduit dans le fourneau, qui est formé d un cylindre en briques garni de charbon en poudre, ayant 1,50 m. de longueur. Deux électrodes de charbon amènent le courant au milieu de la masse. On recouvre d'une couche de charbon et d'un couvercle en tôle garni de briques ; on laisse quelques ouvertures pour l'échappement des gaz. Le corindon est réduit par le charbon, en donnant de l'aluminium et de l'oxyde de carbone. L'aluminium s'allie au cuivre qui sert à l'empêcher de s'unir au carbone, et se transporte au pôle négatif.

Le courant est produit par des machines Brush fournissant 1300 ampères et 50 volts, soit 85 chevaux. Un rhéostat de maillechort règle le courant. L'opération dure cinq heures : au commencement on ne lance qu'un faible courant ; après dix minutes le cuivre est fondu ; on écarte les électrodes et l'on supprime la résistance pour donner l'intensité maximum.

Dans une nouvelle usine, située à Lockport, près de New-York, et pour laquelle M. Brush a construit une dynamo de 500 chevaux, on espère arriver à obtenir l'aluminium pur, et non allié. Des usines analogues viennent d'être achevées, notamment à Anvers et à Schaffo... D'après M. Cowles, son procédé pourrait ser... extraire également l'aluminium de ses au... minerais, cryolithe, argile, etc., et aussi à p... parer d'autres corps, magnésium, mangan... calcium, silicium, bore, etc. De plus les sco... formées dans la préparation du bronze d'a... minium renferment des rubis et des sa... enchâssés dans la masse.

Le Dr Kleiner, de Zurich, est arrivé à ob... l'aluminium pur en traitant la cryolithe (fluo... double d'aluminium et de sodium) par un p... cédé analogue. Le minerai pulvérisé est p... dans des creusets en plombagine, travers... des électrodes de charbon. On emploie un c... rant de 80 à 100 volts et de 60 à 80 amp... L'opération dure de deux à trois heure... masse incandescente fond ; l'arc cesse al... se produire, et il y a une véritable électr... On obtient le métal en lingots.

Outre les procédés qui précèdent, nous de... signaler aussi un procédé électrolytique r... ment imaginé par M. T. Senet, et qui perm... déposer l'aluminium aussi facilement q... et l'argent. Il consiste à faire passer le co... dans une dissolution saturée de sulfate d'... mine et dans une dissolution de sel mari... deux liquides étant séparés par une cloiso... reuse. Il se forme d'abord un chlorure do... d'aluminium et de sodium qui se décom... ensuite, et l'aluminium se porte sur l'ob... recouvrir qui est placé à l'électrode nég... Un courant de 6 à 7 volts et 4 ampères conv... parfaitement.

Les exemples précédents suffisent pour ... comprendre les avantages que l'on pourra ... rer de l'électrométallurgie, lorsque les pr... dés seront devenus plus économiques.

ÉLECTROMÈTRE. — Instrument servan... mesurer des quantités d'électricité ou des d... férences de potentiel. On a essayé autrefoi... transformer en électromètre l'électroscop... feuilles d'or, le pendule, etc.

Le pendule représenté figure 293 a gard... nom d'*électromètre de Henley*, bien qu'il ne ser... plus qu'à constater si une machine ou une b... terie fonctionne convenablement. Il est form... d'une balle de sureau portée par une tige r... gide A, suffisamment conductrice, et qui tourn... autour du point B ; un cadran divisé mesure l... déviation. Sans insister davantage sur les app... reils anciens, nous décrirons seulement l... électromètres usités actuellement.

Balance de Coulomb. — Cet appareil, décr... plus haut, peut servir à mesurer une charg...

ectrique en va eur absolue. En effet, suppo-
ons qu'on donne aux deux boules des charges
gales q; si l'angle d'écart α ne dépasse pas 20°,

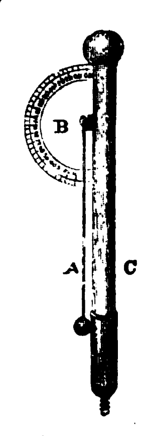


Fig. 293. — Électromètre de Henley.

on peut admettre que la distance des boules est $r\alpha$, r étant la longueur de l'aiguille; la force est donc

$$f=\frac{q^2}{r^2\alpha^2}.$$

D'autre part, si l'on a tordu le micromètre supérieur de T, la torsion est $T+\alpha$, et, en égalant les moments, on a

$$fr=C(T+\alpha)$$

ou

$$q^2=Cr(T+\alpha)\alpha^2.$$

Électromètre à quadrants.— Cet instrument, imaginé par sir W. Thomson vers 1872, se compose essentiellement d'une aiguille d'aluminium NN en forme de 8 (fig. 294), supportée

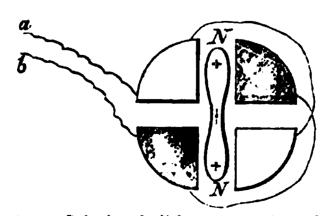


Fig. 294. — Principe de l'électromètre à quadrants.

par une suspension bifilaire au centre d'une sorte de boîte cylindrique plate en métal, divisée en quatre quadrants isolés, que l'on réunit deux à deux en croix. Chaque paire de secteurs est reliée avec une petite tige isolée qu'on appelle son *électrode*, et qui sert à la mettre en communication avec l'extérieur. Les déviations sont toujours très petites et on les mesure par la méthode du miroir.

Si l'on porte l'aiguille à un potentiel V et les deux paires de quadrants à des potentiels V_1 et V_2, on démontre que la déviation α est donnée par la formule

$$\alpha=A(V_1-V_2)\left[V-\frac{V_1+V_2}{2}\right].$$

De là résultent plusieurs manières d'employer l'instrument. On peut charger les deux paires de secteurs à des potentiels constants en les reliant aux deux pôles d'une pile de 50 ou 100 éléments très petits, dont le milieu communique avec le sol. On a $V_2=-V_1$, et, si l'on relie l'aiguille au corps dont on veut connaître le potentiel V, on a

$$\alpha=2AV_1V.$$

La déviation est donc proportionnelle au potentiel cherché.

Si au contraire on relie l'une des paires de quadrants au sol, et l'autre avec l'aiguille, on a $V_1=V$ et $V_2=0$, et par suite

$$\alpha=A\frac{V^2}{2}.$$

La déviation est proportionnelle au carré du potentiel, et toujours de même sens, quel que soit le signe de V.

Enfin, si l'on veut mesurer la différence de potentiel V_1-V_2 entre deux corps ou entre un corps et le sol, on peut les relier aux deux paires de secteurs, et communiquer à l'aiguille une charge fixe. En négligeant le dernier terme de la parenthèse, ce qui peut se faire si V est très grand par rapport à $\frac{V_1+V_2}{2}$, on a sensiblement

$$\alpha=A(V_1-V_2)V.$$

Cette dernière disposition est celle qu'avait adoptée sir W. Thomson. Vu l'importance de cet appareil, nous décrirons d'abord le modèle primitif, malgré sa complication.

Les figures 295 et 296 montrent la coupe et l'ensemble de l'électromètre sous sa forme la plus soignée, tel qu'il est construit par White, de Glasgow. Les dimensions sont indiquées en pieds et pouces anglais.

Les quadrants et l'aiguille sont placés dans un globe de verre renversé porté par trois pieds à vis calantes. Outre ces pièces principales, le globe contient un certain nombre de parties accessoires, que nous allons décrire successivement, et qui sont destinées à vérifier si la charge de l'appareil est parfaitement constante, et à lui rendre sa valeur exacte, si elle s'en est un peu écartée.

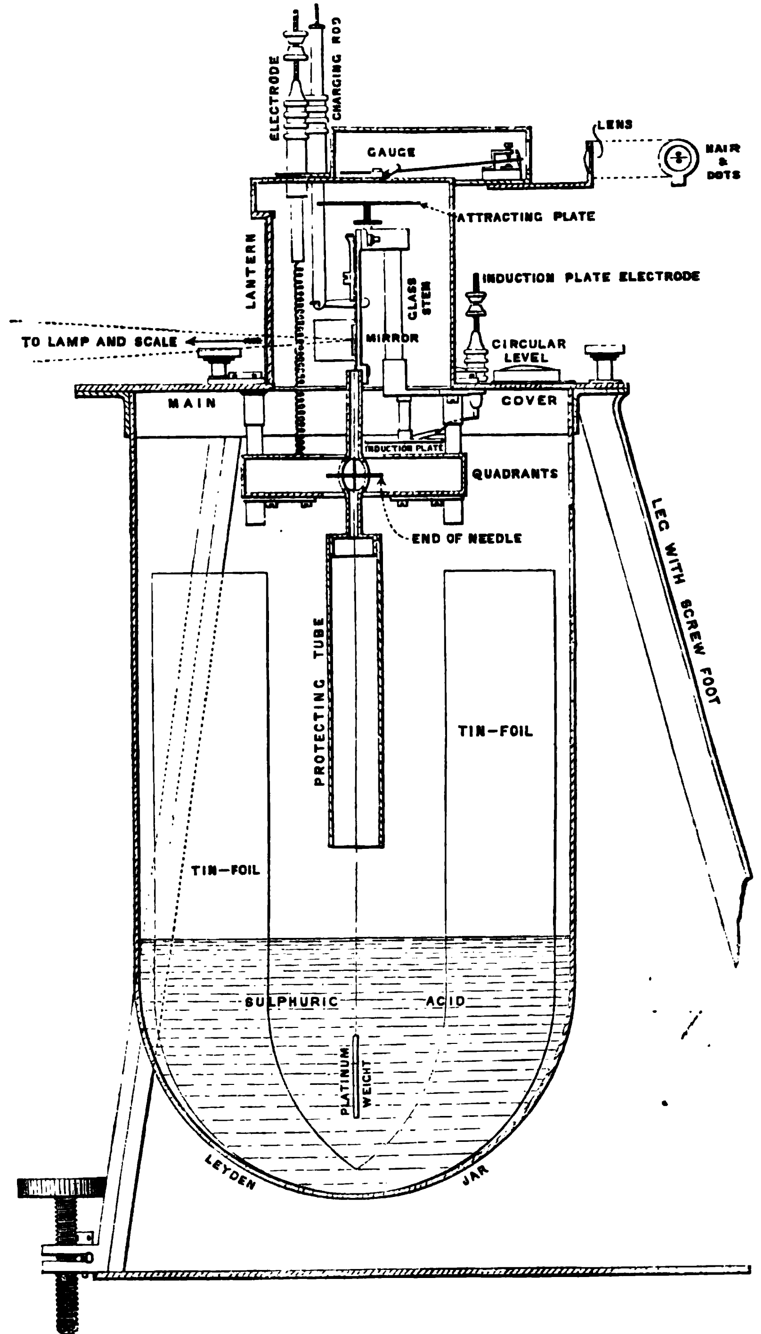


Fig. 295. — Coupe de l'électromètre à quadrants de Thomson.

Charging rod, tige de charge; *Gauge*, jauge; *Lens*, lentille; *Hair and dots*, cheveux et points; ***Attracting plate***, p attirante; *Glass Stem*, tige de verre; *Induction plate électrode*, électrode de la plaque d'induction; *Mirror*, miroir; *To lam scale*, à la lampe et à l'échelle; *Circular level*, niveau circulaire; *Main Cover*, couvercle principal; *End of Needle*, bout de l'ai- *Tin-Foil*, feuille d'étain; *Platinum Weight*, masse de platine; *Leyden jar*, bouteille de Leyde; *Leg with screw foot*, support vis calante. Emprunté à J. E. H. Gordon, *Traité d'électricité et de magnétisme*, t. 1, planche III.

Un couvercle principal, métallique, ferme le globe de verre, et supporte une lanterne de laiton, fermée antérieurement par une gl plane. Cette lanterne renferme le fil de su-

ension. Un fil de platine, terminé par un oids de même nature, est suspendu à la partie inférieure de l'aiguille et plonge dans une couche d'acide sulfurique qui remplit le fond

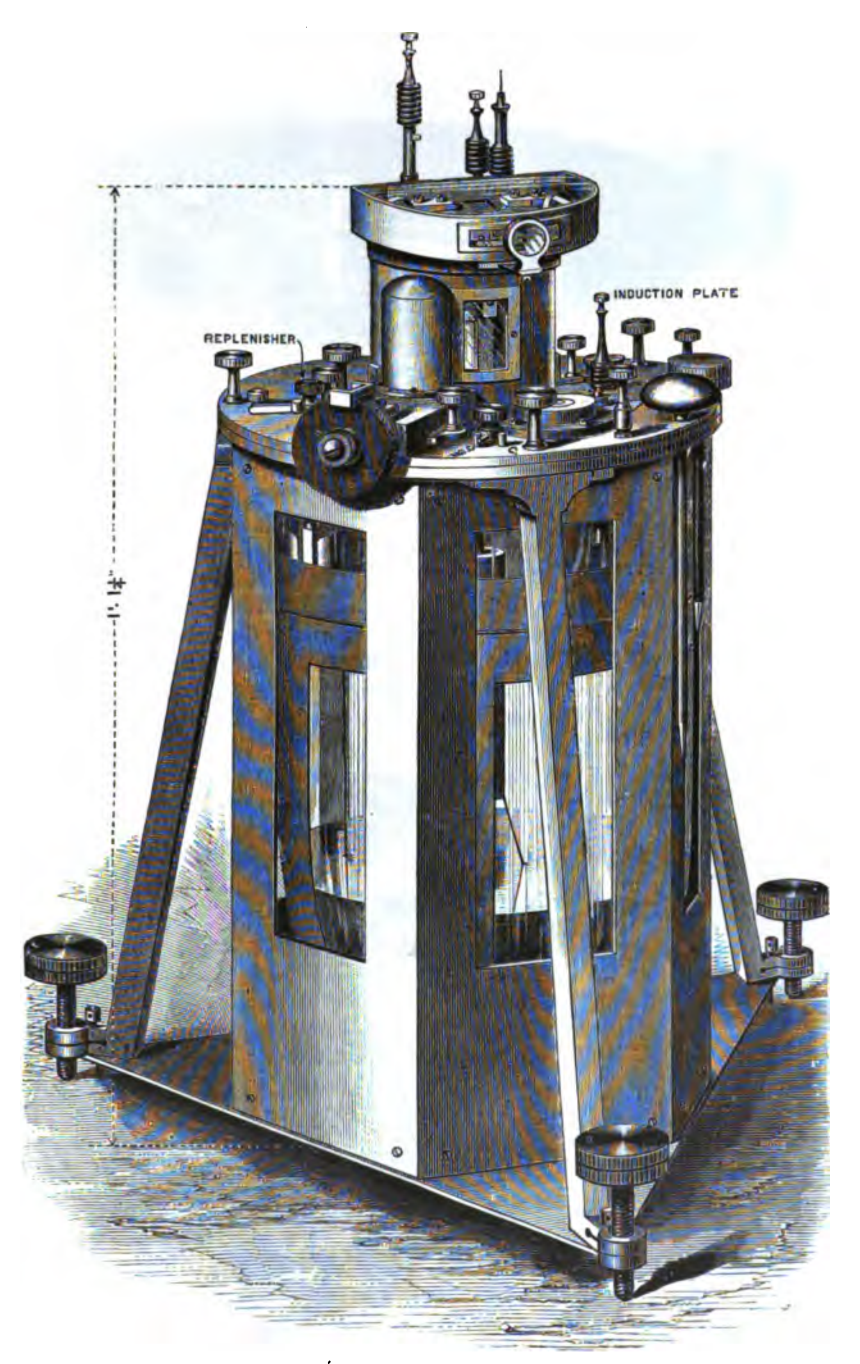


Fig. 296. — Électromètre à quadrants de Thomson.

de l'appareil. Ce fil sert à charger l'aiguille, et le frottement du poids dans l'acide contribue à arrêter les oscillations. En outre, l'acide sulfurique sert à dessécher l'air et constitue, avec des bandes d'étain collées à l'extérieur du verre, une sorte de bouteille de Leyde dont

nous verrons plus loin l'utilité. Un tube de métal entoure et protège le fil de platine sur une partie de sa longueur. Les trois électrodes font saillie au-dessus du couvercle; en les soulevant, on peut rompre leur comm[...] tion avec l'intérieur : celle de gauche est r[...] sentée soulevée sur la vue d'ensemb[...] figure 297 montre le couvercle vu par-d[...]

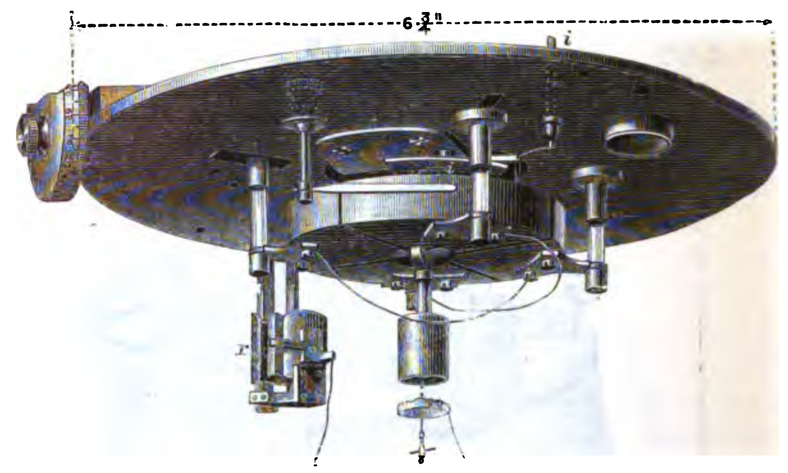
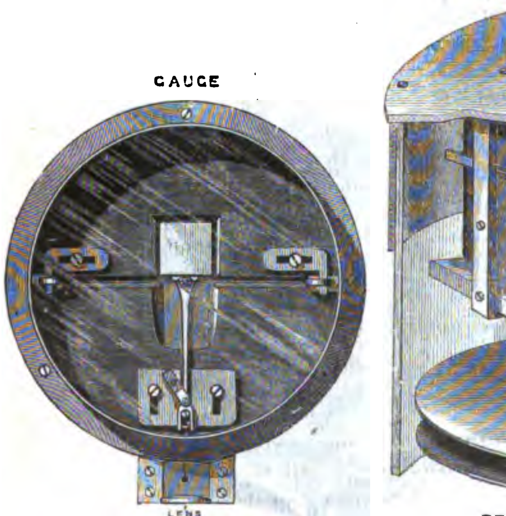


Fig. 297. — Couvercle principal de l'électromètre.

Au centre sont les quadrants, avec le tube qui protège le fil; le rechargeur *r* est à gauche, et la plaque d'induction *i* au-dessus d'un des quadrants de droite.

L'aiguille est toujours reliée à la bouteille de Leyde formée par l'acide et les [...] d'étain. La *jauge* est une sorte de petit él[...] mètre destiné à vérifier si ce système co[...] bien un potentiel constant. Elle se com[...] d'une plaque métallique placée près du [...]



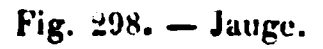


Fig. 298. — Jauge.

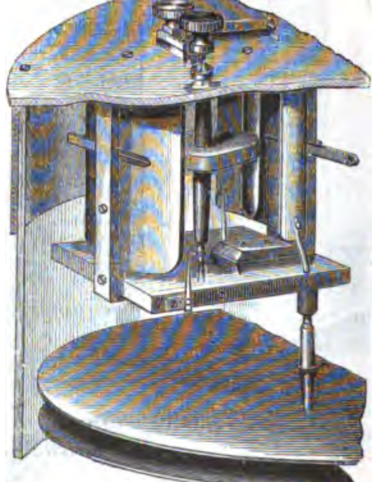


Fig. 299. — Rechargeur.

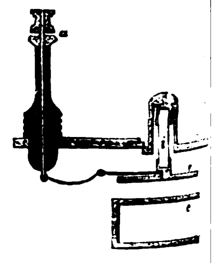


Fig. 300. — Détails de la p[...] d'induction.

met de la lanterne (voy. la coupe); cette plaque est isolée et reliée seulement à l'aiguille et à l'acide sulfurique. Elle se charge ainsi et attire une petite feuille carrée d'aluminium (fig. 298), placée au-dessus d'elle à l'extrémité d'un [...] fléau de balance, dont l'autre bout se term[...] par une fourchette horizontale, entre les d[...] de laquelle est tendu un cheveu. Une pla[...]

aillée blanche, marquée de deux points irs, est fixée au massif de l'instrument et fait saillie entre les dents de la fourche. On observe à l'aide d'une lentille *(lens)*; si l'ai-

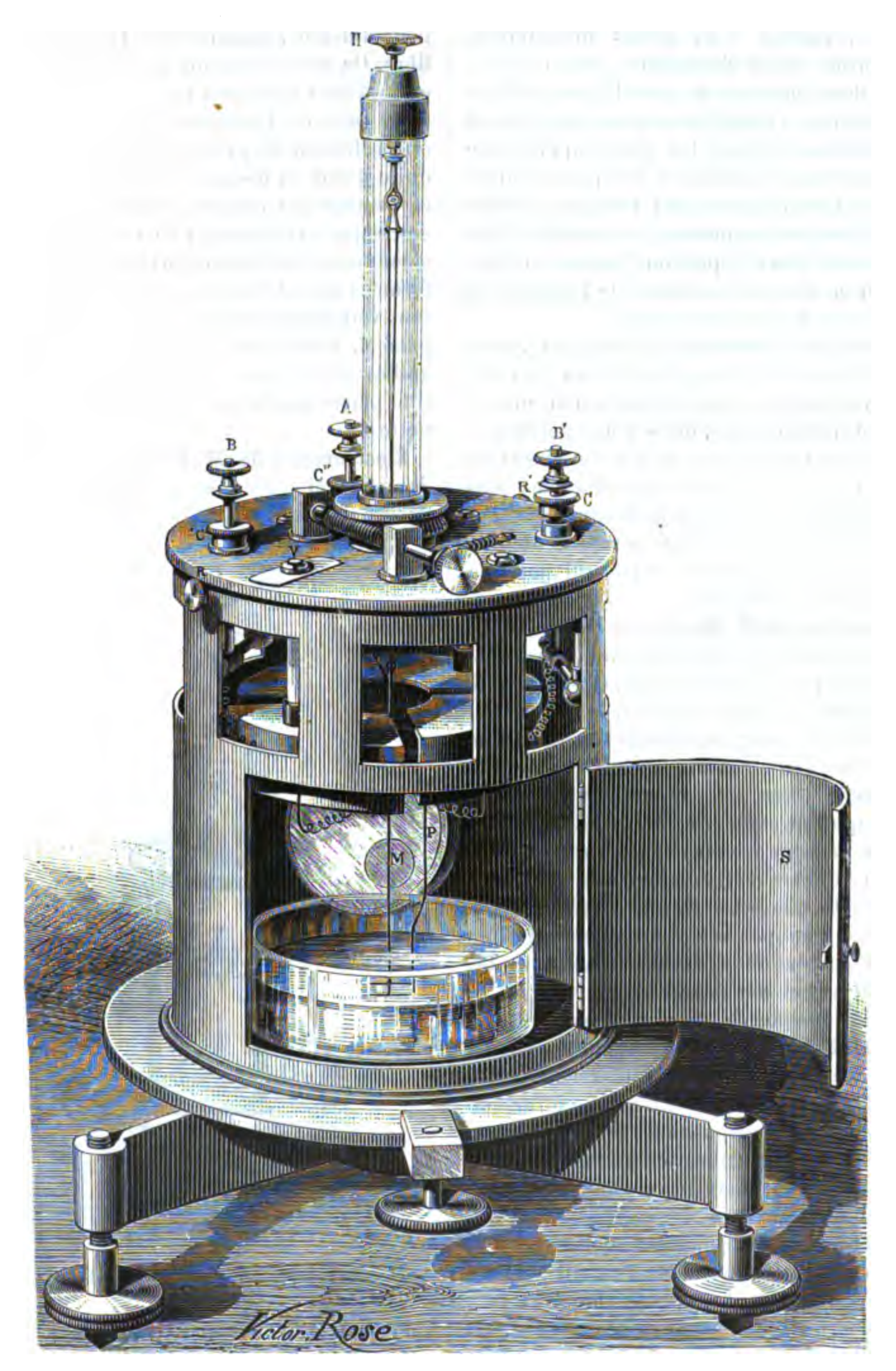


Fig. 301. — Électromètre de M. Mascart.

guille a la charge convenable, le cheveu apparait exactement entre les repères; si la charge croît, l'attraction augmente, et le cheveu s'élève. Il descend dans le cas contraire.

Si la charge a varié, on la ramène à sa valeur normale à l'aide du *rechargeur* (*replenisher*), sorte de petite machine électrique (fig. 299): un arbre, portant deux pièces métalliques, peut tourner dans l'intérieur d'un cylindre portant deux plaques de métal fixes, reliées respectivement à l'aiguille et à la terre. Quand on fait tourner l'arbre, les pièces qu'il porte s'électrisent sous l'influence des plaques fixes et cèdent leur charge à des ressorts qu'elles viennent toucher au moment convenable. Suivant le sens dans lequel on tourne, on augmente ou on diminue la charge de l'aiguille, et on la ramène à sa valeur normale.

Enfin on peut diminuer la sensibilité, lorsqu'on veut mesurer des potentiels un peu élevés, en reliant le corps électrisé, non plus à une paire de quadrants, mais à une petite *plaque d'induction e* (fig. 300), située au-dessus de l'un d'eux. Les quadrants ne se chargent plus que par influence, et l'on peut diminuer la sensibilité en éloignant la plaque; *c* représente l'un des quadrants, *i* la tige de verre qui porte la plaque, et *a* son électrode.

Électromètre de M. Mascart. — M. Mascart a modifié l'électromètre de Thomson en y introduisant quelques simplifications. C'est l'aiguille qui est reliée au corps dont on veut mesurer le potentiel. Les quadrants reçoivent une charge fixe, chaque paire communiquant respectivement avec l'un des pôles d'une pile constante, par exemple 40 éléments zinc, cuivre et eau, pour des essais de courte durée, ou des éléments au chlorure d'argent, pour des essais prolongés. Cette pile est isolée avec soin, et son milieu communique avec le sol, de sorte que les deux paires de quadrants reçoivent des charges égales et contraires.

L'aiguille est portée par une suspension bifilaire (fig. 301) et supporte un fil de platine, terminé par de petits fils transversaux, qui plonge dans un vase rempli d'acide sulfurique concentré; cette disposition sert à charger l'aiguille et à amortir les oscillations. Les quadrants sont fixés au couvercle métallique de l'appareil par des tiges de verre; l'un d'eux peut être déplacé, en poussant la tête de vis V, pour permettre d'introduire l'aiguille. Leurs électrodes BB' portent de petits chapeaux CC', qui glissent à frottement doux sur la tige. En relevant l'un de ces chapeaux, on isole la paire de quadrants correspondante; en l'abaissant on la fait communiquer avec la cage et par suite avec le sol. L'électrode A sert à charger l'aiguille, au moyen d'un fil de platine P qui plonge dans l'acide sulfurique. Le tube de verre supérieur est commandé par une vis tangente, qui permet de le faire tourner lentement pour amener l'aiguille dans la position d'équilibre. On peut élever ou abaisser la suspension en tournant le bouton H.

La cage de l'appareil est en métal et doit être reliée au sol par l'intermédiaire d'une conduite d'eau ou de gaz; elle sert alors d'écran, et protège les organes contre toute influence électrique extérieure. Elle est percée de plusieurs ouvertures, une porte S, et huit fenêtres fermées par des verres cylindriques, qui laissent voir les quadrants et l'aiguille. Un miroir plan M, fixé au fil de platine porté par l'aiguille, sert à observer les déviations; une lentille placée en face de lui rend les images plus nettes.

Électromètre de M. Branly. — M. Branly a donné à l'électromètre de Thomson une forme encore plus simple (fig. 302). Les secteurs creux

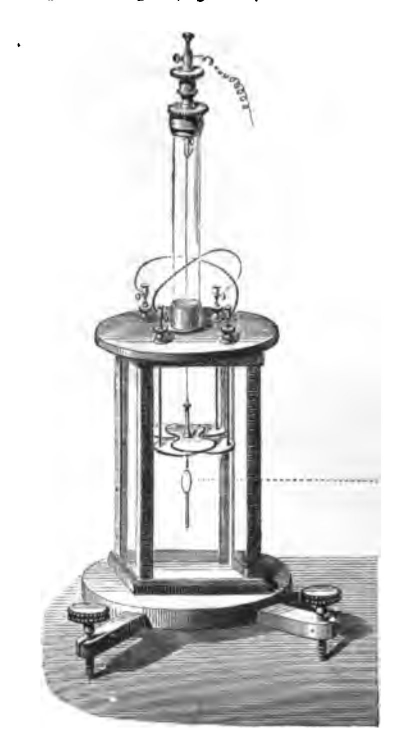


Fig. 302. — Électromètre de M. Branly.

sont remplacés par quatre secteurs plats, formés par un disque de cuivre coupé en quatre. Ces secteurs sont portés par quatre tiges de cuivre qui traversent le couvercle d'ébonite et sont reliées en croix par des fils de même métal. L'aiguille, qui a toujours la forme d'un 8,

t suspendue au-dessus des secteurs par un . d'argent fin, et porte au-dessous d'elle un iroir pour les lectures. L'aiguille se charge ır l'intermédiaire du fil d'argent, et l'on fait ırier la sensibilité en l'élevant ou l'abaissant lus ou moins. La cage est en verre ou en ıétal. Il est préférable de remplacer le fil d'ar-ɜnt par une suspension bifilaire, semblable à ɜlle du modèle précédent.

Électromètre de MM. Blondlot et Curie. — IM. Blondlot et Curie ont remplacé l'aiguille en ɔrme de 8 de l'électromètre Thomson par deux emi-cercles isolés, mais réunis par une petite ièce d'ébonite. Ces deux demi-cercles sont on-ulés, comme les tambours des baromètres ané-ɔïdes, afin de leur donner une rigidité suffi-ınte. Cette aiguille est supportée par deux fils

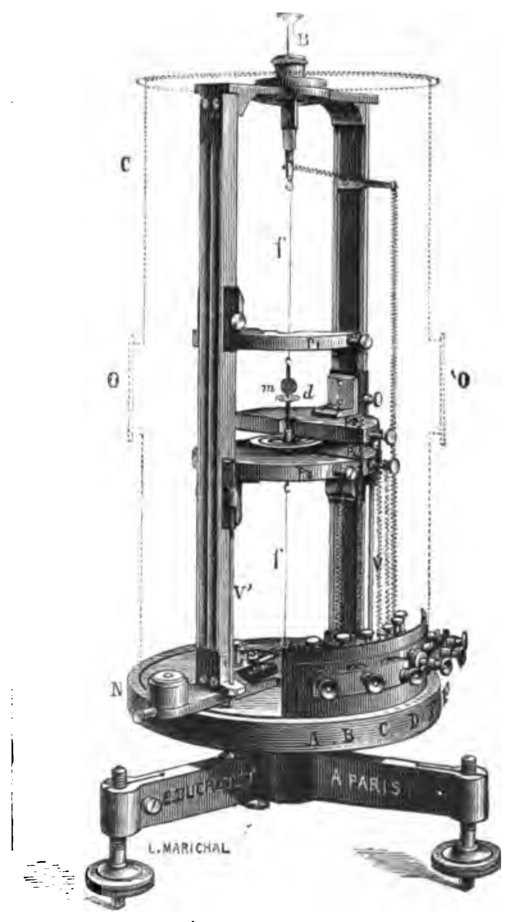


Fig. 303. — Électromètre Blondlot et Curie.

d'argent *ff* (fig. 303), qui servent en outre à charger les deux demi-cercles à des potentiels différents V_1 et V_2. Les quadrants sont remplacés par quatre demi-cercles fixes, placés deux au-dessus et deux au-dessous de l'aiguille. Dans la position d'équilibre, la ligne de séparation des demi-cercles mobiles est perpendiculaire à celle des demi-cercles fixes. Si ces derniers, réunis deux par deux, sont chargés à des potentiels V_3 et V_4, la déviation est

$$\alpha = k\,(V_1 - V_2)\,(V_3 - V_4).$$

Cet instrument peut servir comme wattmètre, en réunissant les deux moitiés de l'aiguille avec les deux points entre lesquels on veut mesurer l'énergie, et les deux paires de demi-cercles fixes avec les extrémités d'une résistance connue, placée dans le circuit général; la différence de potentiel entre les deux extrémités de cette résistance fera connaître l'intensité.

Électromètres enregistreurs. — M. Mascart a transformé l'électromètre décrit plus haut en un enregistreur photographique pour l'étude de l'électricité atmosphérique. L'électromètre B (fig. 304), chargé par la pile C, est placé dans une chambre obscure et relié par un fil isolé à un collecteur D à écoulement d'eau, placé au dehors, à une certaine hauteur au-dessus du sol. Le miroir de l'électromètre reçoit la lumière d'une lampe placée dans une lanterne et renvoie les rayons réfléchis sur une feuille de papier photographique placée dans la caisse A. avec une horloge qui la fait descendre d'un centimètre par heure. Souvent la ligne tracée diffère peu d'une ligne verticale; quelquefois elle présente une forme plus compliquée, comme le montre la figure 263.

Électromètres absolus. — Sir W. Thomson a construit un électromètre qui donne le potentiel en unités absolues. Il se compose essentiellement de deux disques horizontaux A et B, dont l'un A est suspendu par un ressort R et l'autre B peut être déplacé parallèlement à l'aide d'une vis (fig. 305). Le premier est à un potentiel constant V_1; le second est porté au potentiel V que l'on veut mesurer. On déplace le second plateau jusqu'à ce que son attraction sur le premier le fasse descendre, malgré l'action antagoniste du ressort, jusqu'à une position déterminée. L'attraction du plateau B est alors égale au poids P qu'il faudrait mettre sur le premier pour l'amener à la même position. Calculons cette attraction.

Si l'on fait abstraction des perturbations qui se produisent sur les bords, le champ est uniforme entre les deux plateaux parallèles; les surfaces de niveau sont des plans parallèles et les lignes de force des perpendiculaires aux

plateaux. Par suite la densité σ est égale et de signe contraire sur les deux faces en regard. La force est

$$F = \frac{V_1 - V}{D},$$

D étant la distance des deux plateaux; co... $F = 4\pi\sigma$, on a

$$\sigma = \frac{V_1 - V}{4\pi D}.$$

On démontre que l'action d'un plan in...

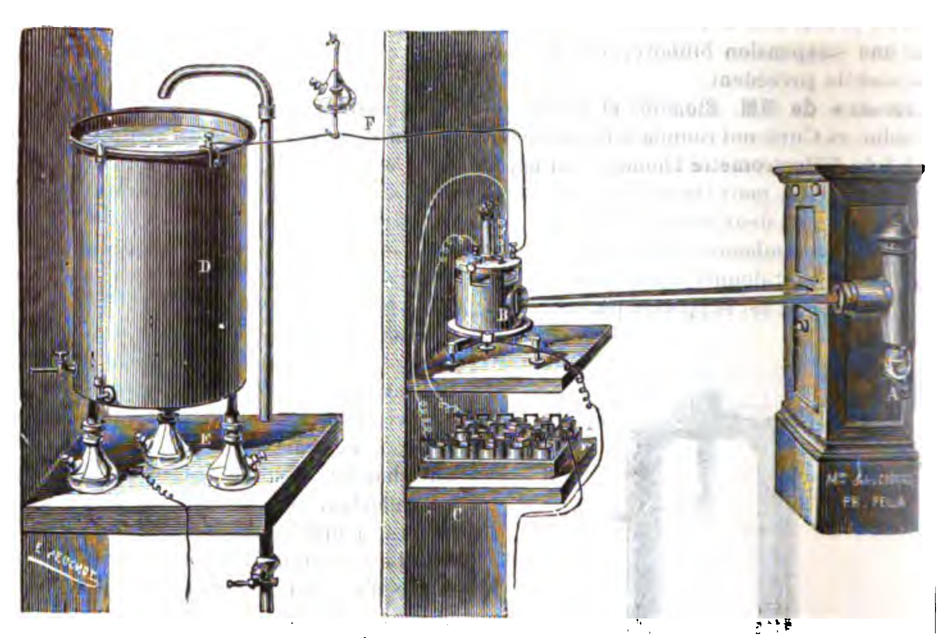


Fig. 304. — Électromètre enregistreur de M. Mascart.

sur l'unité d'électricité placée dans le voisinage est constante et égale à $2\pi\sigma$; si S est la surface du disque porté par le ressort, sa charge est $S\sigma$ et l'attraction de l'autre plateau est

$$2\pi\sigma^2 S$$

ou

$$\frac{S}{8\pi}\left(\frac{V_1 - V}{D}\right)^2.$$

Cette attraction produisant le même effet que le poids P, on a

$$\frac{S}{8\pi}\left(\frac{V_1 - V}{D}\right)^2 = P.$$

D'où

$$V_1 - V = D\sqrt{\frac{8\pi P}{S}}.$$

Nous avons supposé qu'on négligeait les perturbations qui se produisent sur les bords du plateau. Pour qu'il puisse en être ainsi, le plateau mobile A est taillé dans une plaque plus large A′, qu'on appelle le *plateau* ou l'*anneau de garde*, avec laquelle il reste toujours en communication, par l'intermédiaire d'un couvercle fermé, qui le protège contre les actions élec-triques extérieures. Quand le plateau A ... sa position d'équilibre, il est exactement d... plan de l'anneau A′ et ne forme avec lui ... seul disque, la fente qui les sépare étant ... étroite. De cette manière on n'utilise q... partie du plateau AA′ où la densité est con...

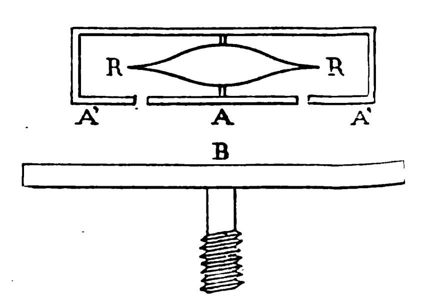


Fig. 305. — Anneau de garde.

En réalité, il est difficile de mesurer la ...tance D des plateaux A et B. Pour éviter ... difficulté, on fait deux expériences success... Le disque A étant toujours au potentiel co... tant V_1, on fait d'abord communiquer le pla... teau B avec le corps au potentiel V, ce q...

donne l'équation précédente, puis avec le sol, ce qui donne

$$V_1 = D'\sqrt{\frac{8\pi P}{S}}.$$

D'où en retranchant,

$$V = (D' - D)\sqrt{\frac{8\pi P}{S}}.$$

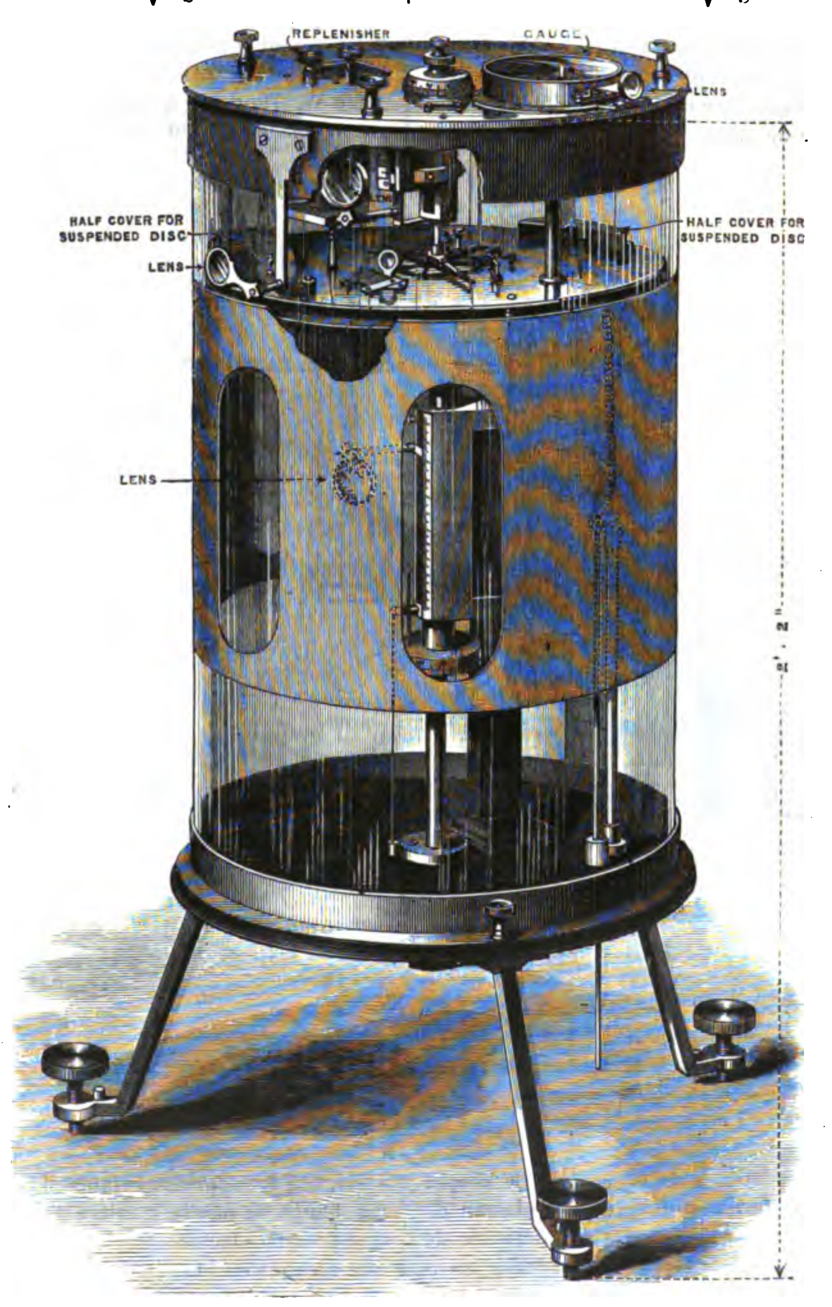


Fig. 306. — Electromètre absolu de sir W. Thomson.

Replenisher, rechargeur ; *Gauge*, jauge ; *Lens*, lentille ; *Half cover suspended disc*, moitié du couvercle du disque suspendu.

Il suffit donc, en opérant ainsi, de mesurer le déplacement D' — D du plateau B de la première à la seconde expérience. Pour cela, le plateau B est porté par une vis micrométrique qui traverse la base de l'appareil (fig. 306), et le déplacement se mesure, à l'aide d'une loupe, sur une échelle

verticale. Le plateau mobile A est muni d'une disposition à cheveu et à points de repère analogue à celle décrite plus haut (Voy. page 268).

Pour assurer la constance du potentiel de ce plateau, on le relie avec une *jauge* identique à celle décrite plus haut et une sorte de bouteille de Leyde formée par des feuilles d'étain collées sur le vase de verre; un *rechargeur* semblable à celui de l'électromètre à quadrants sert à modifier la charge, s'il y a lieu. Le couvercle qui protège le disque A est fait de deux pièces égales, que l'on voit écartées sur le côté de l'instrument. Un fil replié en spirale sert à établir la communication avec le plateau intérieur.

Sir W. Thomson a inventé aussi un *électromètre portatif* (fig. 307), qui n'est qu'une réduction du précédent. Dans ce modèle, le disque mobile *f*, de forme carrée, et son plateau de garde *h* se trouvent à la partie inférieure de l'instrument; le tout forme un ensemble identique à la jauge du modèle précédent. Ce disque *f* est attiré vers le haut par l'autre plateau *g*, situé au-dessus de lui.

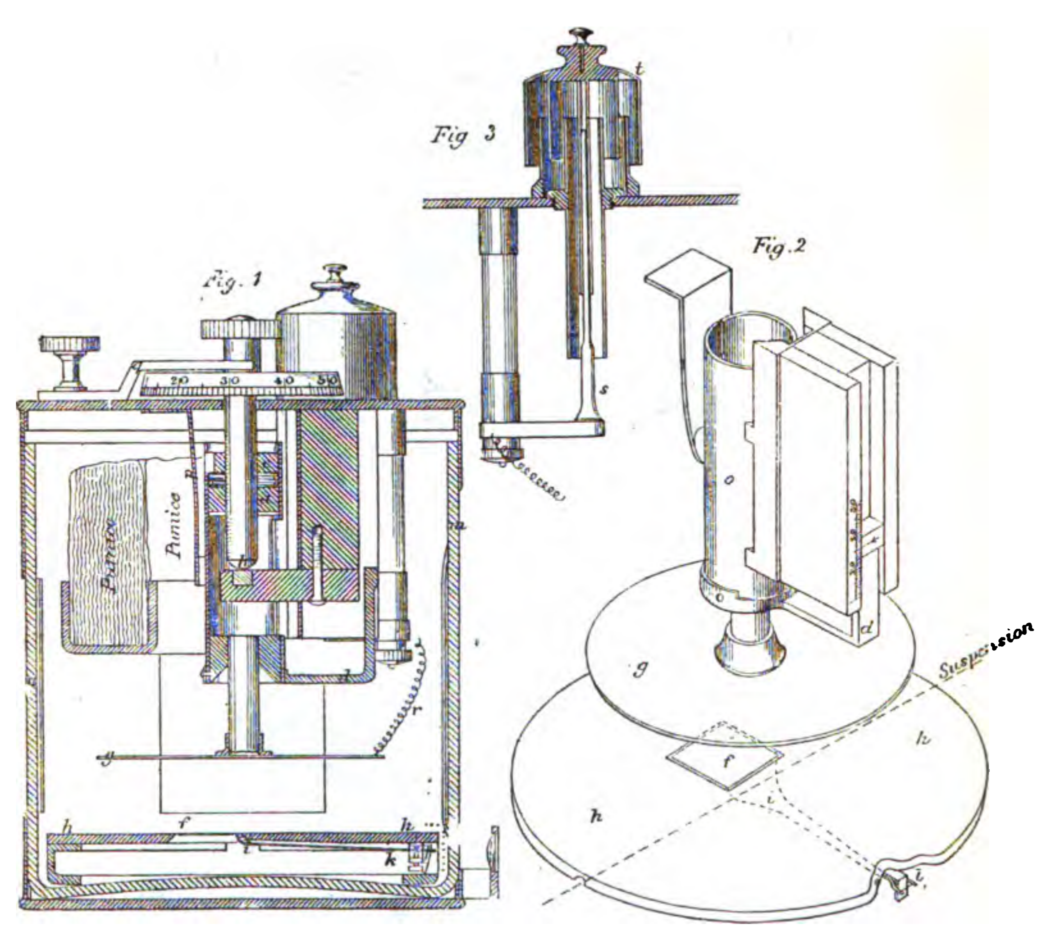


Fig. 307. — Électromètre portatif.

On opère comme dans l'électromètre absolu, et l'on fait encore deux lectures. Une sorte de bouteille de Leyde formée de feuilles d'étain entretient encore la charge des plateaux *f* et *h*; mais, afin de supprimer la jauge et le rechargeur, on change un peu la manière d'opérer. On fait une première lecture, le plateau *g* relié au sol, une seconde en le reliant au corps de potentiel V, et une troisième en le reliant de nouveau au sol. Si la première et la troisième sont peu différentes, on en prend la moyenne. L'instrument est gradué par comparaison avec un électromètre absolu. Le dessin montre en outre les détails d'un chapeau (fig. 3) qui garantit la tige du plateau *g* de toute influence extérieure. De

la pierre ponce (*pumice*), imbibée d'acide sulfurique, sert à dessécher l'air.

Cet instrument est surtout employé pour l'*électricité* atmosphérique ; il apprécie les différences de 2 ou 3 volts, ou de 0,5 volt en opérant avec soin, tandis que l'électromètre à quadrants mesure $\frac{1}{70}$ et jusqu'à $\frac{1}{350}$ volt.

Électromètres à décharges. — Pour mesurer des charges un peu grandes, telles que celle d'une batterie, on peut se servir d'un électromètre à décharges, par exemple la bouteille de Lane (Voy. ce mot).

L'électromètre de Gaugain est plus sensible. C'est un électroscope à feuilles d'or (fig. 308),

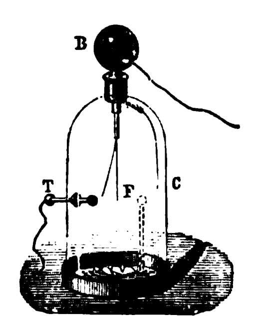


Fig. 308. — Électromètre à décharges de Gaugain.

peu différent du modèle ordinaire; l'une des tiges F peut être enlevée; la tige T est mise en communication avec le sol, et la boule B avec le corps étudié. Chaque fois que la charge atteint une valeur déterminée, la feuille d'or vient toucher la boule voisine, et décharge l'appareil. La boule de la tige T est légèrement oxydée, pour empêcher la feuille d'or d'y adhérer : dans ces conditions les décharges sont identiques.

En joignant à cet instrument un cylindre de Faraday (Voy. ce mot), on peut mesurer facilement les masses électriques qu'on introduit dans le cylindre.

Dans les deux appareils précédents, il reste généralement sur les conducteurs une petite quantité d'électricité, insuffisante pour produire une décharge et que par suite on ne mesure pas.

Électromètres capillaires. — *Électromètre de M. Lippmann.* — M. Lippmann a appliqué les phénomènes électrocapillaires (Voy. Électrocapillaires) à la construction d'un électromètre extrêmement sensible, qui peut mesurer les différences de potentiel de 0 à 0,9 volt.

Un tube de verre A, de 1 mètre de hauteur et 7 millimètres de diamètre, est fixé verticalement et rempli de mercure (fig. 309). L'extrémité inférieure, terminée en pointe très fine (quelques millièmes de millimètre de diamètre), plonge

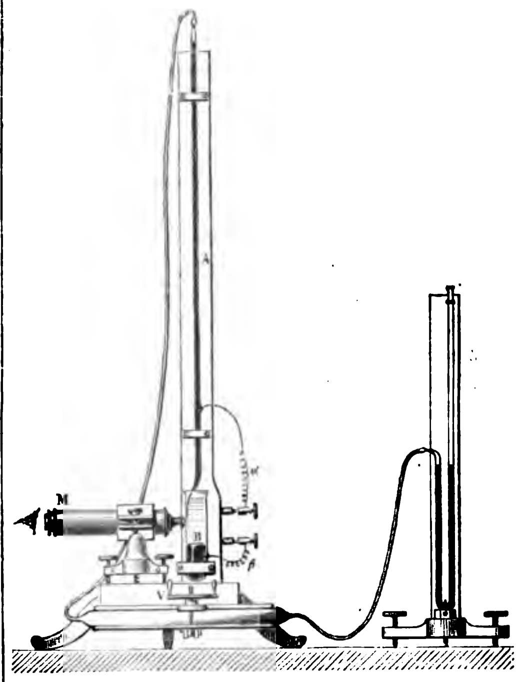


Fig. 309. — Électromètre capillaire de M. Lippmann.

dans un vase rempli d'acide sulfurique et contenant au fond une couche de mercure B. On vise la pointe capillaire avec le microscope M, qui grossit 250 fois, et qui est muni d'un micromètre oculaire.

Si l'on établit entre les deux masses de mercure A et B une certaine différence de potentiel, le niveau doit se déplacer dans la pointe capillaire ; mais, au lieu de mesurer ce déplacement, on ramène le plus souvent le mercure au niveau primitif en exerçant une pression suffisante au haut du tube A. Ce tube communique donc par un tuyau de caoutchouc avec une presse à vis que commande la manivelle V; un petit manomètre à air libre mesure la pression.

On réunit d'abord ensemble les fils α et β, qui aboutissent aux deux masses de mercure, et l'on établit la pression atmosphérique audessus de A ; le mercure prend un niveau fixe dans la pointe, et l'on déplace le microscope jusqu'à ce qu'il vise exactement ce niveau. Puis on fait communiquer avec α et β les deux corps dont on veut mesurer la différence de poten-

tiel, celui qui a le potentiel le plus élevé étant relié avec β; le niveau s'élève, et l'on tourne la vis V jusqu'à ce qu'il ait repris exactement sa première valeur. Il ne reste plus qu'à lire au manomètre la valeur de la pression; une graduation préalable fait connaître la différence de potentiel.

Cet appareil est extrêmement commode pour les mesures de force électromotrice par *réduction à zéro*.

Graduation de l'électromètre capillaire. — Pour se servir d'un électromètre capillaire, il faut d'abord construire une table ou une courbe qui donne les forces électromotrices en fonction de la pression. On fait un circuit comprenant une pile Daniell de résistance ρ, une résistance fixe R très considérable et une résistance variable r. On attache les fils α et β aux deux extrémités du fil r, α étant fixé au point le plus près du pôle négatif, et l'on mesure la pression correspondant à la différence de potentiel entre ces deux points. Il est facile de calculer cette différence e. Supposons la forme électromotrice de la pile égale à 1. On a

$$I = \frac{1}{R + r + \rho}$$

et

$$e = Ir.$$

Donc

$$e = \frac{r}{R + r + \rho}.$$

En faisant varier r, on donne à e des valeurs différentes, et l'on mesure les pressions correspondantes. M. Lippmann a trouvé ainsi les nombres suivants :

e en fraction de Daniell.	Pression en mm. de mercure.	e en fraction de Daniell.	Pression en mm, de mercure.
0,016	15	0,500	288
0,024	21,5	0,588	314
0,040	40	0,833	356,5
0,109	89	0,900	358,5
0,140	111	1,000	353
0,170	131	1,261	301
0,197	148	1,333	279
0,269	188,5	1,444	239
0,364	235	1,833	110
0,450	270,5	2,000	94

Ce tableau s'applique à tous les instruments ayant une colonne de mercure de 750 millimètres, et montés à l'eau acidulée au $\frac{1}{6}$ en volume. Il donne e en Daniells; pour l'exprimer en volts, il suffit de multiplier par la force électromotrice exacte du Daniell. Sous la pression atmosphérique, le mercure se déplace d[e] division du micromètre pour $\frac{1}{1680}$ Daniell.

Électromètre capillaire de M. Debrun. — M. [De]brun a construit un électromètre capillaire [dans] lequel le microscope est supprimé : on peut [aug]menter ou diminuer la sensibilité en inc[linant] plus ou moins le tube capillaire. Cette sens[ibilité] peut atteindre $\frac{1}{300}$ volt. Les tubes C et D [...]

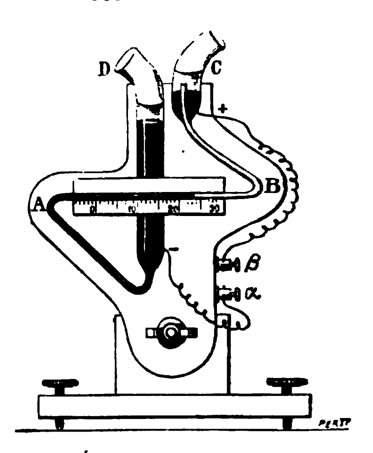


Fig. 310. — Électromètre capillaire de M. Debrun.

ont environ 7 millimètres de diamètre et le [tube] capillaire 1 millimètre. Le fil β doit être [relié] au corps de potentiel le plus élevé. Le tube [AB] est muni d'une graduation en millimètres [et a] environ 0,1 mètre de longueur. L'appareil [est] placé sur un support articulé qui perme[t de] faire varier l'inclinaison de AB.

ÉLECTROMOTEUR. — Syn. de MOTEUR ÉL[EC]TRIQUE.

Électromoteur capillaire. — M. Lippmann [a] signalé un exemple intéressant de courant [en]

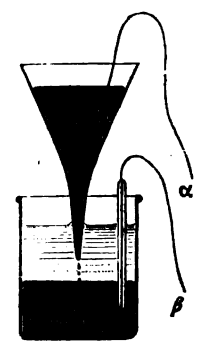


Fig. 311. — Électromoteur capillaire de M. Lippmann

tretenu par l'action de la pesanteur. Un ento[n]noir effilé contient du mercure A (fig. 311), q[ui]

coule dans un vase contenant de l'eau acidulée et une couche de mercure B. Si l'on attache les fils α et β aux bornes d'un galvanomètre, on voit que l'appareil est traversé par un courant allant de A en B à travers l'eau acidulée. Quand on ouvre le circuit, s'il n'y a pas trop de mercure en A, le liquide s'arrête dans la pointe, où il est soutenu par un effet de capillarité; α est alors négatif, et β positif.

M. Debrun a construit un appareil analogue, dans lequel le mercure passe de A en B dans un tube capillaire conique, en formant un chapelet de globules séparés par de l'eau acidulée.

ÉLECTROMOTOGRAPHE. — Petit instrument imaginé par Édison pour renforcer les sons du téléphone.

Si l'on place une feuille de papier un peu rugueuse, imbibée de potasse, sur une plaque de métal platinée, reliée au pôle positif d'une pile, et qu'on fasse glisser à sa surface une lame de platine ou mieux de plomb, reliée au pôle négatif, le passage du courant produit un certain *tissage* du papier, qui diminue beaucoup le frottement.

Supposons maintenant la feuille de papier enroulée sur un cylindre horizontal tournant, et la lame métallique portée par un ressort qui fait équilibre au frottement quand le courant ne passe pas; la lame reste alors immobile. Si l'on fait passer le courant, le frottement diminue, et la lame, obéissant au ressort, se déplace en sens contraire de la rotation. Quand on interrompt, elle revient à sa position première. Si la tige est reliée à une membrane de mica montée sur une caisse de résonnance, et que le tout soit placé dans le circuit d'un téléphone à pile, les sons du téléphone seront reproduits par les vibrations de la membrane. On a donc un récepteur téléphonique très sensible, sans organe magnétique.

Le cyanoferrure de potassium et la plupart des alcalis donnent le même résultat. Avec l'acide pyrogallique et l'azotate de soude il faut intervertir les pôles.

ÉLECTROMOTRICE (FORCE). — Voy. FORCE ÉLECTROMOTRICE.

ÉLECTRO-MUSCULAIRE. — On applique cette épithète aux phénomènes de sensibilité et de contractilité produits par les courants dans les muscles.

ÉLECTRO-NÉGATIF (CORPS). — Corps qui se porte au pôle positif dans une décomposition électrolytique; on lui donne ce nom parce qu'on le suppose électrisé négativement.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — Qui se rapporte aux relations entre la lumière et l'électricité. (Voy. POUVOIR ÉLECTRO-OPTIQUE.)

ÉLECTROPHONE. — Nom donné à quelques récepteurs microphoniques. L'un est dû à M. Maiche (Voy. MICROPHONE). L'électrophone d'Ader est muni d'électro-aimants, et s'associe avec un transmetteur à charbon très simple. Les sons s'entendent à 5 ou 6 mètres, mais le réglage est très délicat et l'appareil craint la chaleur et l'humidité.

ÉLECTROPHORE. — L'électrophore, imaginé par Volta, est formé d'un disque de résine H, maintenu par un moule en bois A, et d'un plateau métallique P muni d'un manche isolant (fig. 312). Pour s'en servir, on charge négativement la résine H en la frappant vivement avec une peau de chat, et on la recouvre du plateau métallique, qu'on touche avec le doigt. Ce plateau s'électrise positivement par influence et, si on le soulève par le manche isolant, après avoir enlevé le doigt, la charge positive se distribue régulièrement sur toute sa surface; on peut alors en tirer une étincelle. En posant de nouveau le disque P sur la résine et recommençant la même série d'opérations, on obtient chaque fois une nouvelle étincelle. Le plateau H étant isolant, l'électricité pénètre dans son intérieur, de sorte que sa charge persiste longtemps, et qu'on peut tirer du plateau P un grand nombre d'étincelles.

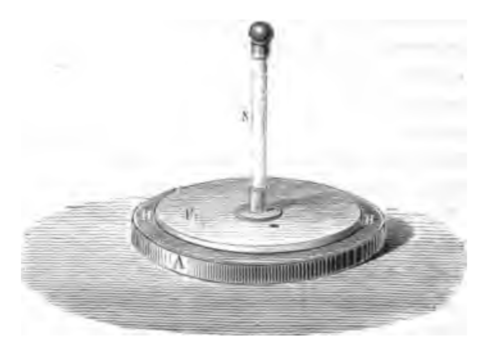


Fig. 312. — Électrophore.

Il faut remarquer que, dans cet appareil, la charge de H restant constante, la production d'électricité sur P est due à l'énergie dépensée par l'opérateur pour manœuvrer ce plateau. Le travail nécessaire est plus grand que s'il était à l'état neutre, à cause de l'attraction mutuelle des deux charges électriques.

L'électrophore est le type des duplicateurs et des machines électrostatiques fondées sur l'influence.

ÉLECTRO-PHYSIOLOGIE. — L'électro-phy-

siologie comprend les effets de l'électricité sur les nerfs et les muscles, et la production d'électricité chez les êtres vivants.

Effets de l'électricité sur les muscles et les nerfs. — La première expérience d'électro-physiologie est l'expérience classique de Galvani. Le courant agit d'une manière différente sur les nerfs moteurs, les nerfs sensitifs et les nerfs mixtes. Sur les nerfs moteurs, on n'observe aucune action pendant le passage du courant, mais seulement des contractions à l'ouverture et à la fermeture. Les courants interrompus et les courants induits donnent également des contractions dues aux interruptions ou aux variations brusques du potentiel.

Les nerfs sensitifs donnent à la fois douleur et mouvement, le dernier phénomène provenant d'un réflexe. L'action sur la sensibilité augmente avec la chute de potentiel et avec la fréquence des interruptions, tandis que les contractions réflexes s'obtiennent plus facilement avec des courants de quantité. L'action sur les nerfs mixtes participe des deux actions précédentes.

L'effet sur les muscles consiste également en contractions à l'ouverture et à la fermeture. Il peut se produire pendant le passage un certain raccourcissement des muscles. Avec des interruptions rapides ou des courants induits, il peut se produire la tétanisation du muscle.

Les effets de l'électricité sur les hommes et les animaux se rapprochent de ceux que nous venons d'indiquer; nous allons les décrire rapidement.

Effets de l'électricité statique sur l'homme et les animaux. — Les personnes placées dans le voisinage d'une machine électrique en train de fonctionner sont soumises à des phénomènes d'influence, et amenées par suite à un potentiel élevé. Elles éprouvent alors une impression particulière, souvent désagréable, accompagnée de hérissement des cheveux et d'une sensation de toile d'araignée sur les points où la peau est nue. Ces phénomènes s'exagèrent si la personne est placée sur le tabouret isolant et en communication directe avec la machine. On remarque souvent aussi une excitation de la circulation dans les parties périphériques et une sensation de chaleur aux extrémités.

Si l'on approche de la personne électrisée une pointe communiquant avec le sol, il se produit sur les parties voisines de cette pointe une sensation de vent due, comme celle dite de toile d'araignée, au déplacement de l'air électrisé. Enfin, si l'on tire des étincelles du sujet électrisé, on observe des contractions musculaires plus ou moins énergiques. Ces effets paraissent dépendre de l'énergie mise en jeu.

La foudre produit des effets analogues à ceux des batteries électriques, mais beaucoup plus puissants. L'électricité atmosphérique, même sans qu'il y ait chute de foudre, paraît avoir aussi une influence marquée sur l'organisme.

Effets des courants. — Des phénomènes particuliers se manifestent au moment de la fermeture et de la rupture du circuit : le sujet éprouve alors des secousses et des douleurs quelquefois assez vives. Une série d'interruptions très rapides peut même amener des phénomènes tétaniques. Ces effets sont dus à la brusque variation de potentiel qui se produit, et paraissent augmenter plus que proportionnellement à l'intensité du courant : ils dépendent donc probablement de l'énergie.

Les courants d'induction, n'ayant qu'une durée très courte, agissent aussi en provoquant des contractions musculaires et des chocs nerveux sensibles. En augmentant la grosseur du fil induit, on augmente la quantité d'électricité et l'on accroît les contractions sans accroître l'action sensible. Au contraire les bobines à fil fin augmentent la force électromotrice et l'impression sur la sensibilité.

Pour étudier l'action des courants continus, il importe d'avoir une intensité bien constante, et par conséquent de laisser les électrodes bien fixes, car, en les déplaçant, on changerait la résistance des parties intercalées, et l'on produirait des effets analogues à ceux que donnent des variations de potentiel. Les courants continus occasionnent dans les tissus qu'ils traversent des décompositions chimiques sur tout leur parcours, mais les résultats n'apparaissent qu'aux deux pôles sous forme d'acides au pôle positif et d'alcalis au négatif, la théorie de Grotthus s'appliquant parfaitement à ce cas. C'est à ces actions chimiques qu'il faut attribuer la sensation particulière de cuisson plus ou moins forte qu'on ressent au contact des électrodes, et qui se transforme en une véritable brûlure si le courant atteint une certaine intensité.

Il faut remarquer aussi que l'action chimique ne se limite pas à la partie directement intercalée entre les électrodes, mais que des courants dérivés s'établissent dans toutes les parties voisines et y produisent les mêmes effets.

Si l'on fait agir un courant sur un nerf séparé, on provoque des contractions dans le muscle correspondant au moment de la fermeture et de la rupture du circuit. On peut le

vérifier sur une grenouille préparée comme pour l'expérience de Galvani. L'action du courant continu doit consister encore en une décomposition chimique.

Production d'électricité chez les êtres vivants. — On ne sait presque rien sur la production d'électricité par les êtres vivants ; leurs organes paraissent être le siège de phénomènes électriques, qui sont sans doute une conséquence de leur fonctionnement. Ainsi, sur un muscle coupé, on observe un courant dirigé, dans le circuit extérieur, de la surface intacte à la partie coupée. Il en est de même pour un nerf. Nous n'insisterons pas sur ces phénomènes, encore assez mal connus.

ÉLECTRO-POLAIRE. — Propriété d'un conducteur qui a un pôle positif et un pôle négatif.

ÉLECTRO-POSITIF (Corps). — Corps qui se porte au pôle négatif dans une décomposition électrolytique. On leur donne ce nom parce qu'on suppose qu'ils s'électrisent négativement.

ÉLECTROPSEUDOLYSE. — Nom donné par M. Tommasi à l'électrolyse lorsqu'elle sépare les « seuls produits de la dissociation » de l'électrolyse. Ainsi, en électrolysant le chlorure d'ammonium avec un courant faible, on ne le décompose pas complètement : on observe seulement un transport sensible d'ammoniaque au pôle négatif et d'acide chlorhydrique au pôle positif.

ÉLECTROPUNCTURE. — Cautérisation produite par l'action chimique d'un courant. (Voy. GALVANOCAUSTIQUE CHIMIQUE.)

ÉLECTROSCOPE. — Instrument servant à reconnaître la présence et le signe d'une certaine quantité d'électricité.

L'un des plus anciens électroscopes est le *pendule électrique* (fig. 313). Il se compose ordi-

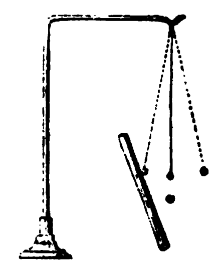


Fig. 313. — Pendule électrique.

nairement d'une balle de sureau portée par un fil de soie et un support isolant. Lorsqu'on en approche un corps électrisé, la balle de sureau s'électrise par influence et est attirée.

Si l'on veut connaître la nature de la charge, il faut d'abord électriser la boule en lui faisant toucher un corps chargé d'une électricité connue. La boule est d'abord attirée, puis repoussée. On approche alors le corps de signe inconnu ; s'il repousse la boule, son électricité est de même nom que celle du bâton qui a servi à charger ; s'il l'attire, son électricité est de signe contraire.

On se sert souvent aussi d'aiguilles mobiles sur un pivot vertical comme une aiguille aimantée. Si l'aiguille est isolée, on peut la charger et s'en servir comme nous l'avons fait du pendule.

Électroscope à feuilles d'or. — Le pendule électrique a subi bien des changements avant d'arriver à la forme actuelle, imaginée par Bennet, et qui est l'*électroscope à feuilles d'or*. Cet instrument est formé de deux feuilles d'or très minces suspendues parallèlement à la base d'une tige de cuivre, terminée par une boule à la partie supérieure. Une garniture isolante entoure la tige, et une cage de verre, dont le haut est verni à la gomme laque, protège les feuilles contre les courants d'air et l'humidité (fig. 314).

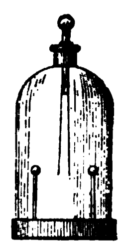


Fig. 314. — Électroscope à feuilles d'or.

La cloche repose sur un plateau métallique qui communique avec le sol et porte deux petites boules de laiton en face des deux feuilles.

Pour reconnaître si un corps est électrisé, on l'approche de la boule ; il agit par influence sur l'appareil, et les feuilles, chargées toutes deux de la même électricité que lui, se repoussent et divergent. Si l'on veut déterminer le signe de la charge, on commence par électriser l'instrument par influence ; en approchant par exemple un bâton de résine chargé négativement, la boule devient positive et les feuilles négatives. On touche la boule avec le doigt, la charge négative disparaît et les feuilles retombent ; on enlève le doigt, puis le bâton de résine : l'électroscope reste chargé positivement et les feuilles divergent. Si l'on approche alors un corps positif, il agit par influence de manière à augmenter la charge positive des feuilles d'or, qui divergent davantage : si l'on pré-

sente au contraire à l'instrument un corps chargé négativement, il attire l'électricité vers la boule et les feuilles se rapprochent. Si le corps est très chargé, il peut même arriver que ces feuilles, après s'être rapprochées jusqu'au contact, divergent de nouveau. C'est que l'influence augmente à mesure que le corps s'approche, et, tandis que la charge positive de la boule continue à s'accroître, les feuilles redeviennent neutres, puis négatives. Enfin, si l'on approchait de l'électroscope un corps neutre communiquant avec le sol, il se chargerait par influence d'électricité contraire et réagirait à son tour sur l'instrument : il produirait donc un léger rapprochement des feuilles d'or, mais qui n'irait pas jusqu'au contact. Les petites boules intérieures servent à décharger les feuilles quand elles divergent trop et à les empêcher de se coller à la cage ; au contraire, si la déviation est trop faible, elles tendent à l'augmenter en agissant sur elles par influence.

Pour l'étude de l'électricité atmosphérique, on employait autrefois un électroscope à feuilles d'or dont la boule était remplacée par une tige pointue. La déviation mesurait le potentiel au sommet de la pointe. On se sert aujourd'hui d'électromètres enregistreurs.

Electroscope de Bohnenberger. — Cet instrument indique, par une seule lecture, la présence d'une charge électrique et son signe. Il diffère du précédent en ce qu'il n'a qu'une seule feuille d'or. Cette feuille est suspendue à égale distance entre deux plateaux métalliques *pp'* portés à des potentiels égaux et contraires, car ils sont reliés aux deux pôles d'une pile sèche P, dont le milieu est au sol (fig. 315).

Si l'on approche un corps positif, le plateau C se charge négativement par influence et la feuille d'or positivement; elle est donc attirée par le pôle négatif et repoussée par l'autre. La plaque E indique le signe de la charge, sans qu'on ait besoin de connaître la nature des pôles BB'. Les tiges *bb'* permettent de déplacer les plateaux *pp'* pour régler la sensibilité. Un œilleton se place en avant de la cage de verre pour observer la feuille d'or.

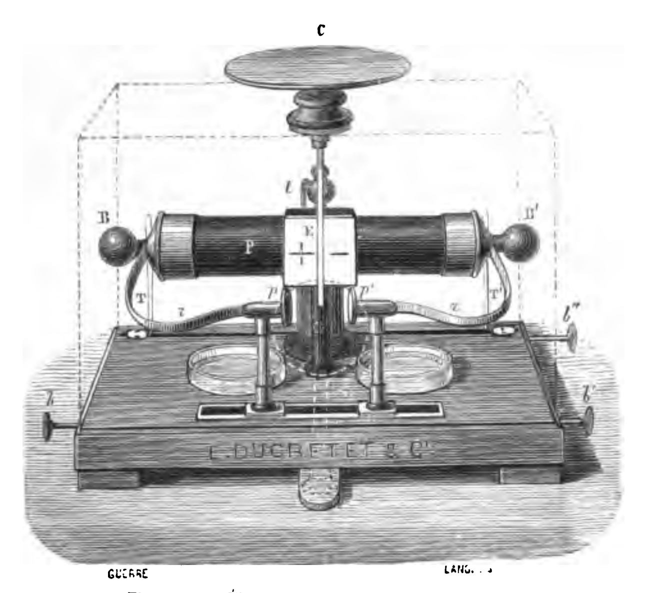
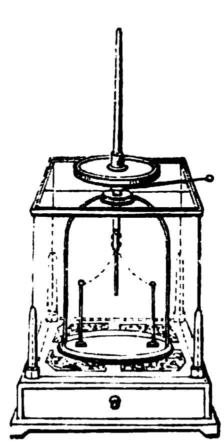



Fig. 315. — Électroscope de Bohnenberger.


Fig. 316. — Électroscope condensateur.

Électroscope condensateur. — Cet instrument, imaginé par Volta, est un électroscope à feuilles d'or (fig. 316) dont la boule a été remplacée par un condensateur, formé de deux plateaux, vernis à la gomme laque sur les faces en contact. Cette couche de vernis forme la lame isolante du condensateur. Cet instrument doit être employé lorsqu'il s'agit, non pas d'un corps électrisé, mais d'une source d'électricité trop faible pour dévier les feuilles d'or de l'électroscope ordinaire.

On fait communiquer le plateau inférieur avec la source, l'autre avec le sol. On supprime la seconde communication, puis la première, et l'on soulève le plateau supérieur par son manche isolant. La charge du plateau inférieur

se répand dans les feuilles, qui divergent. L'emploi d'un condensateur a évidemment pour effet d'augmenter la charge du plateau inférieur dans le rapport de la force condensante.

ÉLECTROSCOPIE. — Détermination de la nature de la charge d'un corps par l'électroscope.

ÉLECTRO-SÉMAPHORE — Appareil électrique servant à l'application du *block-system* (Voy. ce mot) sur les lignes de chemins de fer.

ÉLECTRO-SÉMAPHORIQUE. — Se dit de signaux électriques servant à communiquer avec les navires en mer.

ÉLECTROSTATIQUE. — Syn. d'ÉLECTRICITÉ STATIQUE. || *Adj.* Qui se rapporte à l'électricité statique.

ELECTRO-SUBSTRACTEUR. — Instrument destiné à empêcher la formation de la grêle.

ÉLECTRO-TÉLÉGRAPHIQUE. — Qui concerne la télégraphie électrique.

ÉLECTRO-THÉRAPEUTIQUE. — Syn. de ÉLECTROTHÉRAPIE. || *Adj.* Qui concerne l'électrothérapie.

ELECTROTHÉRAPIE. — Application de l'étricité à la thérapeutique. L'électricité peut venir en aide à la médecine et à la chirurgie, elle peut également servir au diagnostic. Ses applications chirurgicales sont décrites au mot GALVANOCAUSTIQUE; les appareils destinés au diagnostic sont à leur ordre alphabétique. Nous nous bornerons à donner ici quelques indications sur l'électrothérapie générale, renvoyant aux traités spéciaux pour ce qui est relatif à l'électrothérapie particulière.

La médecine utilise les machines électrostatiques et les piles; mais, si toutes ces sources fournissent le même agent, elles offrent chacune des avantages spéciaux qui les font préférer dans certains cas. Nous avons indiqué au mot ÉLECTROPHYSIOLOGIE les effets de ces diverses sources.

L'électricité statique se prête à une application à tout l'individu. Elle est donc surtout employée comme une sorte de bain, pour obtenir une action générale : le malade est placé sur un tabouret isolant et relié à la machine par un conducteur, de sorte qu'il est amené au même potentiel que cette machine; l'électricité s'écoule lentement par l'air et par le support. On peut cependant localiser l'action de l'électricité statique, et produire au point voulu un écoulement d'électricité plus ou moins abondant, en approchant de ce point des excitateurs de formes variées, mis en communication avec le sol (Voy. MACHINE et EXCITATEUR).

Les courants se prêtent au contraire à une action localisée. Les courants continus agissent surtout par leurs effets chimiques, et déterminent un processus profond, qui paraît favorable à la nutrition générale. L'action prolongée peut cautériser et même brûler les points mis en contact avec les électrodes (Voy. GALVANOCAUSTIQUE). La forme des excitateurs doit varier suivant l'effet qu'on veut obtenir (Voy. EXCITATEUR).

Enfin l'action des courants interrompus et des courants induits est due surtout aux variations brusques de potentiel qui accompagnent l'ouverture et la fermeture du circuit. Leur emploi convient donc pour provoquer des contractions. Le lecteur trouvera aux mots BOBINE et MACHINE la description des appareils d'induction médicaux, et au mot INTERRUPTEUR celle des instruments qui servent à produire des interruptions avec les piles. Lorsqu'on veut, à l'aide des courants induits, agir par révulsion et excitation de la sensibilité, on doit employer des courants de haute tension, c'est-à-dire faire usage d'une bobine à fil long et fin. Si l'on veut seulement obtenir des contractions, sans provoquer des douleurs, on emploiera des bobines à fil long et plus gros, donnant par conséquent des courants de tension beaucoup moins forte. (Voy. FARADISATION, FRANKLINISATION, GALVANISATION.)

ÉLECTROTONUS ou **ÉTAT ÉLECTROTONIQUE.** — Nom donné par Du Bois-Reymond à l'état électrique d'un nerf parcouru dans une partie de sa longueur par un courant constant. La partie qui se trouve près du pôle négatif devient plus irritable, tandis que la partie voisine du pôle positif devient moins irritable. C'est ce dernier état qu'on a appelé *état anélectrotonique* ou *anélectrotonus*.

ÉLECTRO-TRIEUSE. — Les aimants peuvent servir à séparer les poussières magnétiques mélangées avec d'autres substances; on peut ainsi enlever facilement le fer mélangé au cuivre, dont il diminue la valeur, dans les déchets des ateliers, ou séparer les minerais de ces deux métaux. On peut de même enlever le fer dans tous les mélanges où sa présence est nuisible, par exemple dans la pâte à porcelaine, où il produirait des taches.

Les *trieuses magnétiques* (Voy. ce mot) font usage d'aimants permanents, tandis que les *électro-trieuses* sont munies d'électro-aimants.

Dans l'appareil de M. Chenot, les électro-aimants tournent autour d'un axe; ils reçoivent le courant et attirent le fer pendant la moitié de la rotation; pendant le reste du mouvement, ils sont inactifs, et laissent tomber les pous-

sières dont ils sont chargés dans un récipient spécial.

Dans les appareils de M. Vavin et de M. Siemens, les électro-aimants sont actifs pendant toute la rotation, mais, après s'être chargés de matières magnétiques, ils rencontrent des brosses tournant en sens inverse, qui détachent ces matières et les font tomber dans le récipient destiné à les recevoir.

Le *séparateur magnétique* d'Edison rentre, malgré son nom, dans les électro-trieuses. Le mélange de poussières, placé dans une trieuse, s'écoule par une fente en une mince lame verticale qui passe devant les pôles de forts électro-aimants. Les particules magnétiques sont seulement déviées de leur direction par l'influence des aimants et forment une seconde nappe à côté de la première, de sorte que les deux sortes de poussières sont reçues dans des récipients différents.

Pour l'épuration de la pâte à porcelaine, on fait usage d'un fort électro-aimant, dont les pôles sont en regard, comme ceux de l'appareil pour le diamagnétisme. La pâte, très liquide, passe dans une boîte étanche qui entoure ces deux pôles, et sort à la partie inférieure. Les poussières magnétiques adhèrent aux électro-aimants.

ÉLECTROTYPE. — Moulage galvanoplastique produisant une composition ou une gravure typographique. Le même nom a été donné improprement à un appareil galvanoplastique.

ÉLECTROTYPIE. — Application de la galvanoplastie à la reproduction des gravures.

Les planches gravées sur cuivre ou sur acier, et surtout sur bois, ne peuvent servir qu'à un tirage limité, car elles s'écrasent peu à peu sous la presse. Aussi a-t-on coutume aujourd'hui de remplacer la planche elle-même par un certain nombre de reproductions galvaniques; ces copies sont identiques à l'original, et, comme on peut en obtenir un nombre quelconque, le tirage est à peu près illimité.

Pour le clichage des bois, on fait d'abord un moule, de préférence en gutta-percha, par pression. On le métallise comme pour la galvanoplastie, et on le suspend dans un bain de sulfate de cuivre, bien parallèlement à l'anode soluble et à environ 1 centimètre de celle-ci. Au bout de quelques heures, le dépôt a une épaisseur suffisante; on l'enlève, on le nettoie (étamage) à l'esprit de sel, puis on le renforce en coulant par derrière une couche de 4 à 10 millimètres d'épaisseur formée d'un alliage fusible de

Plomb	91 parties.
Antimoine	5 —
Étain	4 —

On opère de même pour les planches de cuivre et d'acier, sauf que le moule, au lieu d'être en gutta, s'obtient aussi par la galvanoplastie. Dans ce cas, il faut laisser le dépôt s'épaissir beaucoup plus; l'action du courant doit être quelquefois prolongée pendant plus de quinze jours.

Ce procédé de clichage est appliqué notamment aux billets de banque, aux timbres-poste, et à l'illustration des livres. La plupart des figures de cet ouvrage ont été tirées avec des clichés galvaniques. Dans certains cas, on augmente la résistance des clichés par l'*aciérage* (Voy. ce mot). MM. Christofle et Cie déposent d'abord dans le moule en gutta une légère couche de nickel, et par-dessus un dépôt de cuivre. La planche est ensuite renforcée et clouée sur bois.

La galvanoplastie peut servir également à graver en creux ou en relief. Pour graver en creux, on suspend la planche de cuivre, recouverte de vernis (4 parties d'asphalte, 4 de cire et 2 de poix noire) sur tous les points qui ne doivent pas être attaqués, au pôle positif, de sorte qu'elle serve d'électrode soluble. Pour graver en relief, il suffit de la placer au contraire à l'électrode négative.

Un procédé analogue permet de faire des corrections sur les planches gravées. On enlève au grattoir les parties à corriger, on couvre le reste de vernis, et l'on suspend au pôle négatif. Le dépôt obtenu est plané avec soin, et, sur les parties ainsi refaites, on grave de nouveau.

Enfin l'électrotypie sert au clichage des livres. Cette opération s'applique aux ouvrages dont le texte ne doit pas être modifié aux éditions successives. Souvent on fait un moulage en plâtre des planches destinées au tirage de la première édition, et l'on coule dans ce moule un alliage métallique. Ces clichés servent au tirage des éditions suivantes : on évite ainsi soit d'immobiliser pendant longtemps un grand nombre de caractères ordinaires, soit de faire composer l'ouvrage à chaque édition. Ce procédé laisse à désirer sous le rapport de la netteté. Il est préférable de faire un moule en gutta et d'y déposer un cliché galvanique, ce qui n'est pas beaucoup plus coûteux.

ÉLECTROTYPIQUE. — Qui concerne l'électrotypie.

ÉLECTRO-VITAL. — S'applique aux phéno-

mènes électriques qui accompagnent les phénomènes vitaux.

ÉLECTRO-VITALISME. — Système qui attribue à l'électricité les phénomènes de la vie animale.

ÉLÉMENT DE PILE. — Une pile est composée généralement d'un certain nombre de parties identiques, contenues chacune dans un vase distinct, et qu'on peut associer entre elles de différentes manières. Ces parties se nomment *couples* ou *éléments* (Voy. PILE).

ÉMAILLAGE ÉLECTRIQUE. — On recouvre l'objet d'une couche conductrice d'azotate d'argent ou de chlorure de platine; après une première cuisson, on le décore à l'aide d'émail; on cuit de nouveau, et l'on couvre d'un dépôt galvanique qui s'attache seulement aux parties non recouvertes d'émail. Cette dénomination est impropre, le dépôt d'émail n'étant pas dû à l'électricité.

EMBROCHAGE. — Syn. de MONTAGE EN SÉRIE OU EN TENSION.

ENCARTEUSE ÉLECTRIQUE. — Appareil servant à fixer les boutons de bottines sur des cartons pour les livrer au commerce.

Les boutons sont jetés sur un plan incliné en forme d'éventail, muni de rainures qui vont en se rétrécissant jusqu'à la partie inférieure où elles n'ont plus que la largeur d'un bouton. Arrivés en cet endroit, les boutons sont retenus par un petit grillage. D'un autre côté, les cartons sont fixés par des crochets sur deux fils de cuivre passant sur des poulies comme des courroies sans fin. A des intervalles réguliers, une rotation des poulies fait avancer les cartons de la quantité nécessaire; le grillage s'ouvre un instant et chaque rainure laisse tomber un bouton. Mais au-dessous du carton se trouve un électro-aimant, animé par une dynamo et dont le pôle supérieur présente la forme d'un peigne, chaque dent se trouvant au-dessous de l'une des rainures. La queue en fer de chaque bouton, attirée par la dent correspondante de l'électro, se place vers le bas, et une traverse métallique, commandée par un excentrique, venant à ce moment appuyer sur toutes les têtes, les queues des boutons traversent le carton et y restent fixées. Le courant est alors interrompu et les cartons avancent pour recevoir une nouvelle rangée de boutons.

ENCLENCHEMENT ÉLECTRIQUE. — Disposition mécanique commandée par l'électricité et ayant pour but de rendre solidaires différents appareils qui doivent fonctionner dans un ordre déterminé; tels sont les disques et aiguilles d'un croisement ou d'une bifurcation. On munit alors ces appareils de verrous ou de serrures électriques. (Voy. BLOCK-SYSTEM, DISQUE, etc.)

ENDOSMOSE ÉLECTRIQUE. — Transport d'un liquide à travers une cloison poreuse sous l'action et dans le sens d'un courant.

ÉNERGIE. — L'énergie est la propriété que possède un corps de pouvoir produire du travail. Une pierre qui tombe, un boulet lancé par un canon, l'eau d'un fleuve, possèdent de l'énergie, car la pierre en tombant, le boulet en frappant un obstacle, l'eau en faisant tourner un moulin, peuvent produire un certain travail. Dans les exemples précédents, l'énergie est parfaitement apparente; on la nomme *énergie actuelle*. L'énergie actuelle d'un corps est égale à sa force vive. Mais il peut se présenter un autre cas : un poids suspendu à une certaine hauteur possède de l'énergie, car, si l'on vient à couper la corde qui le retient, il pourra en tombant effectuer un travail. Il en est de même d'un ressort tendu, qui se met en mouvement dès qu'on l'abandonne à lui-même, ou de la poudre à canon, qui peut, si on l'allume, lancer un projectile. L'énergie de ces corps, qui est en quelque sorte latente ou en réserve, et qui dépend de leur nature, de leur forme ou de leur position, pourra, si l'occasion se présente, se transformer en énergie actuelle : pour la distinguer de celle-ci, on lui donne le nom d'*énergie potentielle*.

L'observation attentive des faits montre que l'énergie actuelle et l'énergie potentielle d'un même corps varient toujours en sens inverse l'une de l'autre, de sorte que leur somme reste constante. Ainsi, lorsqu'on lance une pierre en l'air, sa vitesse va en décroissant, et son énergie actuelle diminue; mais, à mesure qu'elle s'élève, elle peut, en retombant sur le sol, fournir un travail de plus en plus grand : son énergie potentielle va donc en augmentant.

Il semble quelquefois que l'énergie actuelle et l'énergie potentielle d'un corps diminuent en même temps; mais, en observant de plus près les phénomènes, on voit toujours apparaître dans ce cas une propriété nouvelle, chaleur, lumière, électricité, qui remplace l'énergie disparue et n'est en quelque sorte qu'une manifestation particulière, une manière d'être nouvelle de cette énergie. Ainsi une même quantité d'énergie peut être remplacée par une quantité fixe de chaleur, qui lui est équivalente. La quantité d'énergie disponible dans l'univers est donc constante ; nous ne pouvons ni en dé-

truire une partie ni en créer une nouvelle quantité, mais seulement la transformer. Conservation de la matière, conservation de l'énergie, tels sont les deux grands principes de la science moderne.

L'énergie se mesure à l'aide de la même unité que le travail, c'est-à-dire l'*erg*.

Énergie électrique. — Pour électriser un conducteur isolé ou un condensateur, il faut dépenser un certain travail, qui doit se retrouver tout entier dans le corps électrisé, si l'on n'a pas eu à vaincre d'autres résistances que les forces électriques. Ce conducteur peut en effet, en se déchargeant, fournir, sous diverses formes, une quantité d'énergie représentée par

$$W = \frac{1}{2} VM = \frac{1}{2} \frac{M^2}{C} = \frac{1}{2} CV^2,$$

M étant la charge du conducteur, V son potentiel et C sa capacité (Voy. Conducteur, Condensateur, Bouteille, Batterie).

Ces résultats ont été vérifiés par M. Riess, à l'aide de son thermomètre. L'énergie électrique peut s'exprimer en ergs; on se sert plus souvent de l'unité pratique appelée watt ou voltampère.

Energie d'une source d'électricité. — Si une source a une force électromotrice E et donne un courant d'intensité I, la force électromotrice soulève pour ainsi dire, à chaque seconde, une quantité d'électricité I à la hauteur E, et fournit par suite une quantité d'énergie EI; c'est la *puissance mécanique* de la pile. En t secondes, l'énergie développée est E I t. Les mêmes considérations s'appliquent à une machine électrostatique, I étant son débit et E la différence de potentiel entre ses deux pôles ou entre la machine et le sol.

L'énergie produite par une source est transportée dans le circuit, où elle peut être dépensée sous forme de chaleur, d'action chimique, de travail mécanique. L'énergie dépensée en une seconde dans un conducteur de résistance ρ est

$$w = \rho I^2 = \varepsilon I$$

ε étant la différence de potentiel aux deux extrémités de ce conducteur. Dans le circuit extérieur total, de résistance R, l'énergie dépensée est de même

$$w = (\rho + \rho' + \rho'' + \ldots) I^2 = RI^2.$$

Dans la pile, de résistance r, on a de même

$$w' = rI^2.$$

L'énergie dépensée dans tout le circuit est donc

$$W = w + w' = (R + r) I^2 = EI.$$

Ces lois ont été vérifiées par Joule.

ENREGISTREUR ÉLECTRIQUE. — On nomme enregistreurs les appareils qui servent à inscrire d'une manière continue les variations d'un phénomène. Nous n'avons à citer ici que ceux dont les organes sont mus par l'électricité et ceux qui enregistrent les phénomènes électriques. Dans la première série se placent les électro-diapasons et les chronographes (voy. ces mots). Quant aux enregistreurs des phénomènes électriques, nous les indiquons, soit à leur ordre alphabétique, soit à propos des phénomènes dont ils sont chargés de garder la trace. (Voy. Ampèremètre, Électromètre, Fluviographe, etc.) Nous ne placerons ici que ceux qui n'ont pas reçu de noms spéciaux.

Enregistreur de la charge et de la décharge des accumulateurs. — Nous avons indiqué plus haut (Voy. Ampèremètre) comment on peut disposer un ampèremètre pour obtenir des indications continues. M. de Montaud a fait usage également, pour suivre la charge et la décharge de ses accumulateurs, de la balance enregistrante de MM. Richard frères. Les résultats ont été parfaits, et le diagramme montre exactement tous les crochets que peut produire la variation de marche de la source électrique.

Les plaques de l'accumulateur (fig. 317) sont suspendues à l'un des plateaux d'une balance; une tare est placée dans l'autre plateau, de sorte que le premier soit exactement au bas de sa course au commencement de l'observation. Les déplacements du fléau sont transmis à un style enregistreur.

Pendant la charge, l'accumulateur éprouve, par suite de la désulfatation des plaques, une perte de poids, qui est de 373 grammes pour 100 ampères-heure. Quand la charge est complète, le poids devient constant; enfin, pendant la décharge, la réaction inverse fait augmenter le poids de la même quantité. A l'aide du contrepoids fixé sur le fléau, on peut régler la sensibilité pour que l'aiguille s'élève ou s'abaisse exactement d'un millimètre pour une variation de poids de 3,73 gr., c'est-à-dire pour un ampèreheure. Le diagramme ci-dessous correspond à la charge; il montre qu'en continuant à charger pendant 4 heures après avoir obtenu l'horizontalité on n'a produit aucun résultat, mais l'accumulateur n'a nullement souffert.

Enregistreurs de la vitesse des trains de

RICHARD FRÈRES

ACCUMULATEUR DE MONTAUD

DIETRICH PARIS

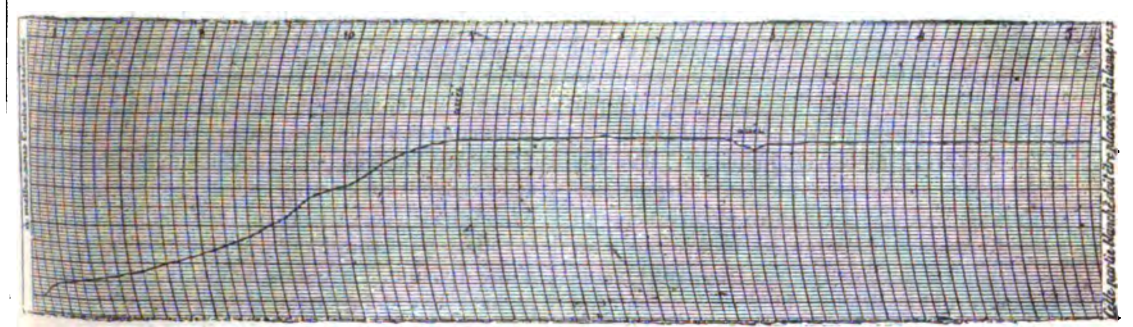


Fig. 317. — Enregistreur de la charge des accumulateurs.

chemins de fer. — La compagnie P.-L.-M. emploie un enregistreur formé de six électro-aimants, montés sur un bâti vertical, et commandant chacun un style muni d'une plume. Les six plumes, placées sur la même ligne, écrivent à 10 millimètres l'une de l'autre sur une même feuille de papier, qui avance de 5 millimètres par minute. Chacun des électro-aimants communique avec une pédale placée sur la voie. Quand un train passe sur la pédale, il ferme un circuit qui contient une pile et l'électro correspondant, et la plume trace un trait. Si l'on connaît la distance des pédales, la distance des traits tracés par les six plumes fait connaître la vitesse.

La compagnie d'Orléans emploie un enregistreur construit par MM. Richard frères sur les indications de M. Sabouré. Il se compose d'une roue finement dentée faisant un tour en deux minutes et demie, et d'un petit électro-aimant portant un style qui vient s'enclencher sur la roue, lorsque l'électro est traversé par un courant. Tant que le courant passe, le style, entraîné par la roue, trace une ordonnée sur un cylindre enregistreur. Deux pédales sont disposées sur la voie; un système électrique à double

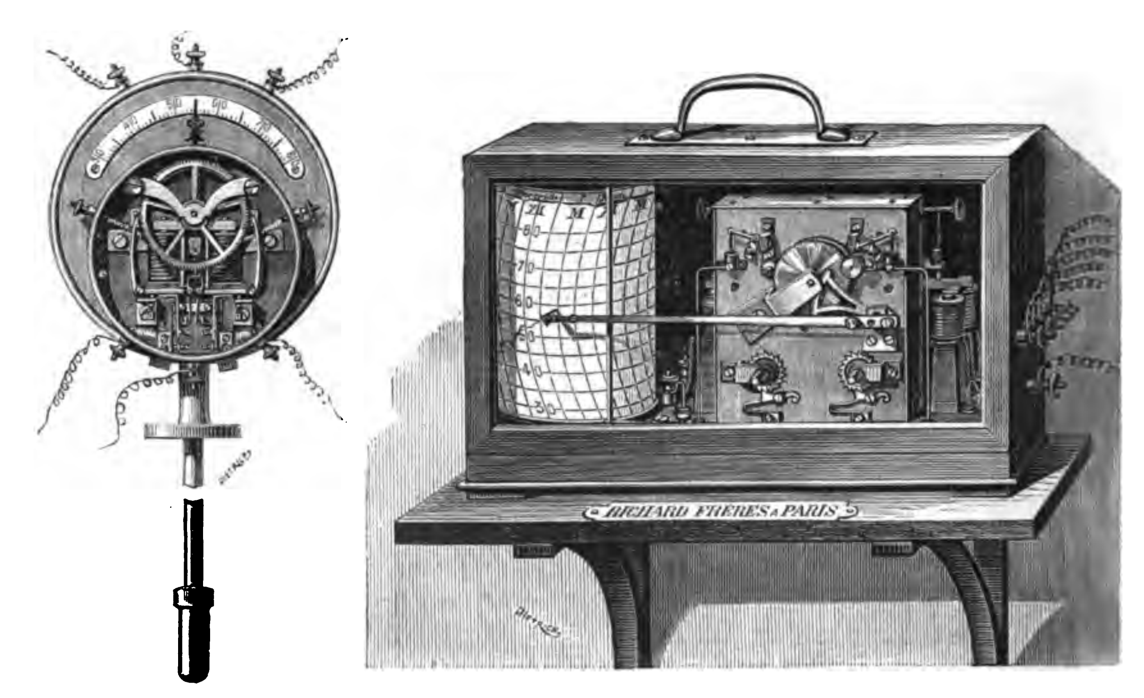


Fig. 318. — Enregistrement à distance des indications d'un thermomètre (transmetteur et récepteur).

électro-aimant ferme le circuit dès qu'un train passe sur la première pédale, et le rompt quand le train rencontre la seconde. La longueur de l'ordonnée fait connaître le temps employé par le train pour passer d'une pédale à l'autre.

Enregistreurs météorologiques. — MM. Richard frères ont imaginé plusieurs dispositions qui permettent de transmettre électriquement, à une distance quelconque, les indications d'un thermomètre, baromètre, etc. L'appareil transmetteur est alors disposé de façon à mener une aiguille indicatrice communiquant avec une pile et sur laquelle est placé à cheval un cavalier métallique dont les deux branches sont isolées l'une de l'autre (fig. 318). Le récepteur comprend deux électro-aimants reliés à ces deux branches et qui commandent chacun un rouage d'horlogerie: les électros agissent ainsi sur l'une des roues d'un engrenage différentiel dont le pignon commande le style enregistreur.

Lorsque l'aiguille, en se déplaçant, touche une des branches du cavalier, elle lance un courant dans l'électro correspondant; celui-ci déclenche le rouage qu'il commande, et le style se déplace d'une division. En même temps, ce rouage fait plonger un doigt métallique dans un godet de mercure et ferme un circuit contenant une autre pile. Ce courant retourne au transmetteur et agit sur un électro qui déplace le cavalier et remet ses deux branches à égale distance

de l'aiguille. Deux électro-aimants servent à cet usage; ils communiquent chacun avec l'un des rouages du récepteur.

Six fils sont nécessaires pour relier les deux appareils. Quand la distance est grande, on modifie la construction des instruments pour n'employer qu'un ou deux fils.

A l'Exposition de 1889, les instruments placés sur la tour Eiffel étaient reliés par une disposition de ce genre aux récepteurs placés dans le palais des Arts libéraux; ils sont reliés maintenant au Bureau central météorologique.

ENTRÉE DES POSTES. — Disposition des fils télégraphiques ou téléphoniques à l'entrée d'un bureau.

ENTREFER. — Partie comprise entre les faces intérieures des inducteurs et les faces extérieures du noyau de fer de l'induit. Si celui-ci n'a pas de noyau, l'entrefer est la partie comprise entre les faces intérieures des inducteurs.

ÉPAISSEUR ÉLECTRIQUE. — Syn. de Densité électrique. Ces deux expressions viennent de ce que l'on comparait autrefois la charge électrique d'un corps à une couche de fluide ayant soit une épaisseur constante et une densité variable, soit une épaisseur variable et une densité uniforme.

ÉQUATEUR MAGNÉTIQUE. — Ligne passant par tous les points de la terre où l'inclinaison est nulle.

ÉQUATORIALE (Ligne). — Droite perpendiculaire à la ligne des pôles d'un aimant.

ÉQUILIBRE ÉLECTRIQUE. — Un ou plusieurs conducteurs, isolés ou non, sont en équilibre, lorsque la *force électrique est nulle en un point quelconque de chacun d'eux.* L'électricité que possède chaque conducteur exerce alors en chaque point de son étendue une action égale et contraire à celle des masses extérieures.

Si l'on met en communication plusieurs conducteurs en équilibre, la somme des masses reste invariable. Si C,C',C'' sont les capacités de ces conducteurs, V,V',V'', leurs potentiels, ils prennent, l'équilibre établi, un potentiel commun donné par

$$(C + C' + C'' + \dots)x = CV + C'V' + C''V'' + \dots$$

ÉQUIPAGE GALVANIQUE. — Disposition de courant mobile imaginée par de la Rive pour l'étude de l'électrodynamique. Les extrémités du fil s'attachaient à deux lames zinc-cuivre fixées dans un bouchon, et l'on plaçait le tout sur une cuve pleine d'eau acidulée. Dans

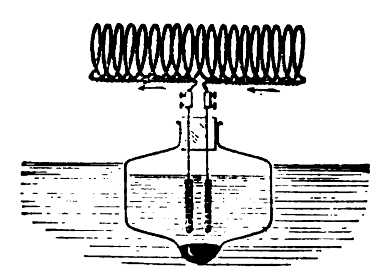


Fig. 319. — Équipage galvanique.

les modèles actuels (fig. 319) le cuivre est remplacé par une lame de charbon, et le bouchon ferme un vase de verre, lesté par un peu de mercure, qu'on remplit d'une solution acidulée de bichromate de potasse. L'appareil entier est alors posé sur l'eau.

ÉQUIPOTENTIEL. — Se dit des surfaces, lignes ou points pour lesquels le potentiel est le même. Les surfaces équipotentielles sont aussi appelées *surfaces de niveau.* Elles sont toujours perpendiculaires aux lignes de force. Deux surfaces équipotentielles ne peuvent se couper; mais une même surface peut se cou-

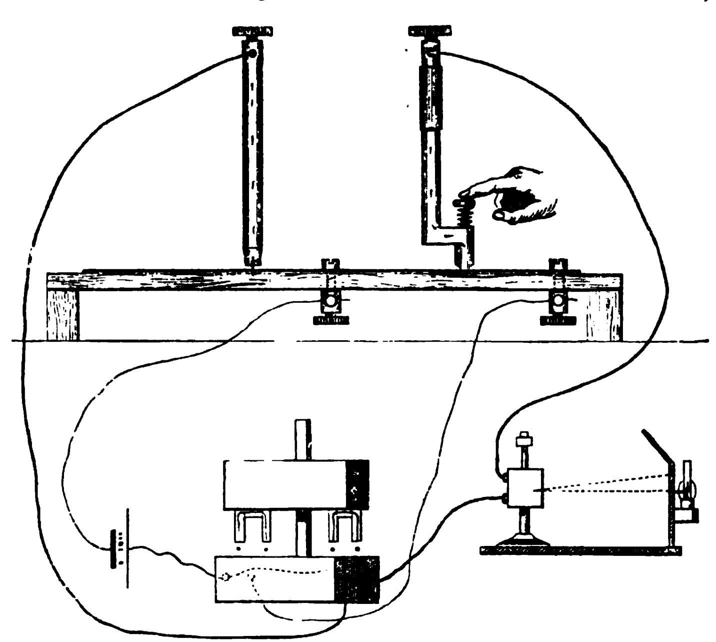


Fig. 320. — Appareil de M. W. G. Adams.

per elle-même et donner lieu à des points et lignes d'équilibre. La surface d'un conducteur en équilibre est une surface équipotentielle.

Toute ligne tracée sur une surface équ tentielle est une ligne équipotentielle.

M. Guébhard a déterminé les lignes

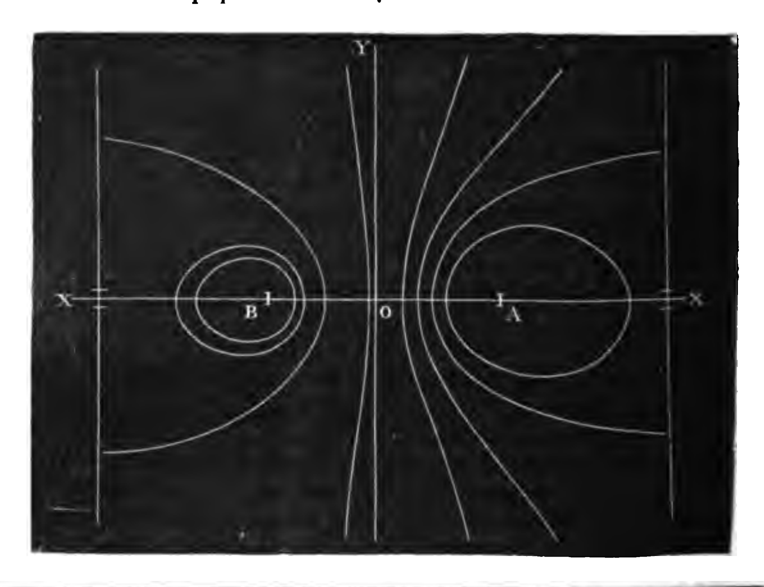


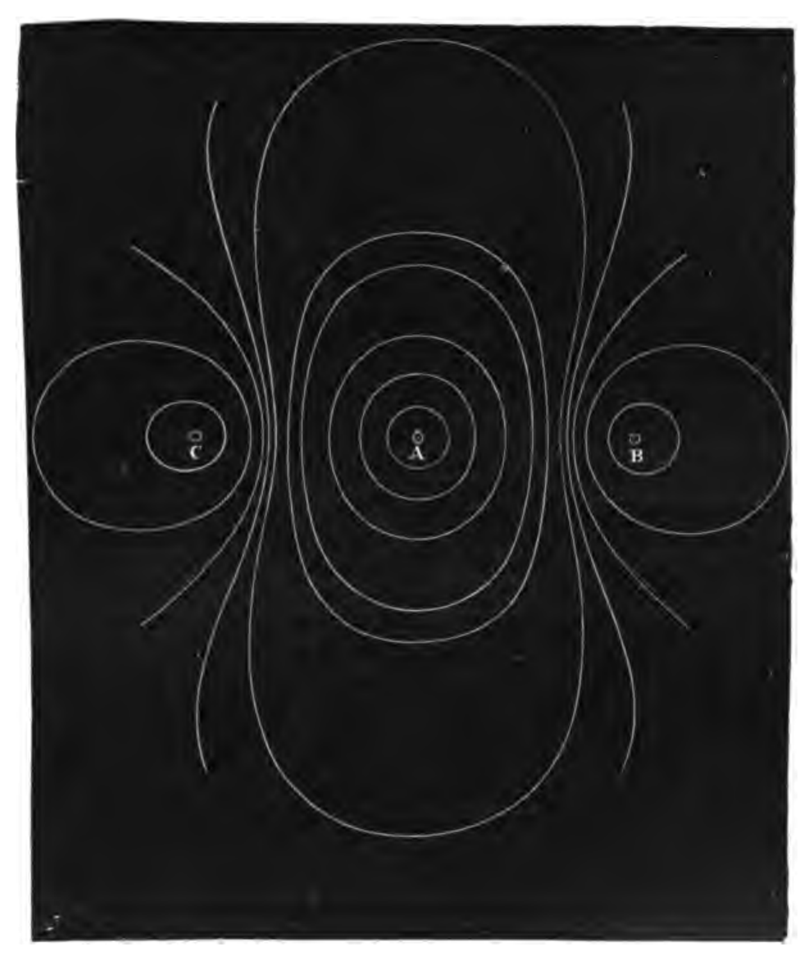


Fig. 321. — Lignes équipotentielles.

potentielles au moyen des anneaux mobiles.

M. W. G. Adams a tracé les lignes équipotentielles sur des conducteurs traversés par courant, en s'appuyant sur ce fait que, si l'

relie les deux bornes d'un galvanomètre à deux points pris sur une même surface équipotentielle, l'aiguille ne dévie pas, quelle que soit l'intensité du courant.



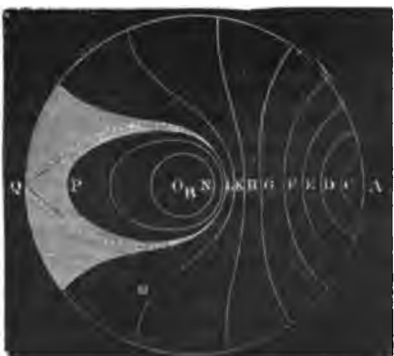


Fig. 322. — Lignes équipotentielles.

La figure 320 représente la disposition employée. Un galvanomètre de Thomson était relié à une pointe qui établissait un contact fixe avec une feuille d'étain et avec un petit tube qu'on promenait à la surface de la feuille. Quand le galvanomètre restait immobile, on

marquait la position de l'électrode mobile en appuyant sur une aiguille retenue par un ressort dans l'intérieur de cette électrode.

Les figures 321 et 322 montrent quelques-uns des résultats. Sur une feuille d'étain de 31 cm. de côté, les pôles de la pile étant en AB à 12,6 cm. l'un de l'autre, et à la même distance du centre O, on obtient la première figure. Le second cas correspond à une feuille de 45,72 cm. de côté : le courant entrait au centre en A et sortait par quatre électrodes BCDE. Sur le troisième dessin, l'électrode positive est en A; B et C sont deux électrodes négatives, distantes de la première de 7,6 cm. chacune. Le dernier représente un disque circulaire où le courant entre par le bord et sort par le centre.

Cette méthode a été ensuite appliquée à la détermination des surfaces équipotentielles dans l'espace.

ÉQUIVALENT ÉLECTRO-CHIMIQUE. — « L'équivalent électro-chimique d'une substance est la quantité de cette substance qui est électrolysée par le passage d'une unité d'électricité. Les équivalents électro-chimiques des différentes substances sont proportionnels à leurs équivalents chimiques ordinaires. Mais ces derniers représentent simplement les rapports numériques suivant lesquels les substances se combinent, tandis que les équivalents électro-chimiques sont des quantités déterminées de matière, dont la grandeur dépend de la définition de l'unité d'électricité. » (MAXWELL, *Electricity*.) Si l'on exprime l'intensité en ampères, l'équivalent électro-chimique de l'hydrogène, c'est-à-dire la quantité mise en liberté par un coulomb, est 0,01041 mg.; celui de l'argent est 1,1248 mg. Ces nombres permettent de calculer ceux des autres corps.

ÉQUIVALENT MÉCANIQUE DE LA CHALEUR. — On donne ce nom à la quantité d'énergie que peut produire une calorie, ou au travail qui peut en se détruisant donner naissance à une calorie. C'est 425 kilogrammètres.

Rapporté à une calorie-gramme, cet équivalent serait 0,425 kilogrammètre, ou $0,425 \times 981 \times 10^5$ ergs ou $4,17 \times 10^7$ ergs, car un kilogrammètre vaut 981×10^5 ergs. Si l'énergie est exprimée en ergs, l'équivalent mécanique est donc $4,17 \times 10^7$; si elle est calculée en watts, cet équivalent devient 4,17, car un watt vaut 10^7 ergs. C'est cette dernière valeur que nous employons habituellement dans cet ouvrage. Inversement un erg correspond à $2,4 \times 10^{-8}$ calories et un watt à 0,24 calorie-gramme.

ERG. — Unité absolue C.G.S. de travail. C'est le travail fourni par l'unité de force (dyne) quand son point d'application se déplace d'un centimètre. Le kilogrammètre vaut 981×10^5 ergs (Voy. UNITÉS).

ERGMÈTRE. — Appareil imaginé par M. Weston pour mesurer le travail électrique. Il est fondé sur le principe de la roue de Barlow et de l'appareil analogue de Faraday. Un disque de cuivre, traversé par un courant, peut tourner dans un champ uniforme et très intense, produit par les pôles très rapprochés d'un électro-aimant analogue à celui d'une dynamo. Les extrémités du fil de cet électro communiquent avec les points entre lesquels on veut mesurer le travail. L'action électromagnétique met le disque en mouvement; un compteur indique le nombre des tours et par suite l'énergie correspondante.

ESPACE NEUTRE. — Syn. de LIGNE NEUTRE.

ESSAYEUR ÉLECTRIQUE DES TAPURES DES MÉTAUX. — On nomme tapures des fentes intérieures qui se forment surtout dans l'acier trempé dur, comme l'est l'acier chromé des projectiles de rupture employés par la marine pour percer les plaques des cuirassés. Elles se produisent surtout à l'ogive de ces projectiles. Les projectiles *tapés* se brisent sur les plaques sans pénétrer; ils peuvent même éclater en magasin.

Le capitaine L. de Place a imaginé d'appliquer le téléphone à la vérification des projectiles. Un petit marteau mû par un ressort ou par l'électricité frappe sur le métal à éprouver. Un microphone spécial, placé à une distance fixe du frappeur, est intercalé dans un circuit contenant en outre une pile et une bobine inductrice placée au zéro d'une règle divisée, sur laquelle glisse une bobine induite, reliée à un téléphone. On éloigne cette bobine de la première jusqu'à ce qu'on n'entende plus rien dans le téléphone. La division de la règle à laquelle s'arrête la bobine induite n'est pas la même pour deux blocs de même métal, de même poids et de même forme, si l'un est tapé et que l'autre ne le soit pas.

La même méthode a été appliquée à la vérification d'arbres de couche de très grandes dimensions, destinés à l'Exposition de 1889.

Cette méthode élégante a reçu depuis peu des perfectionnements qui seront indiqués à l'article SCHISÉOPHONE.

ÉTALON ÉLECTRIQUE. — On donne ce nom aux modèles types des diverses unités électriques (Voy. UNITÉS).

Pile étalon. — Voy. PILE.

ÉTALONNAGE. — Étalonner un galvanomètre ou un instrument analogue, c'est déterminer en ampères la valeur de chaque division de la graduation. Si l'on possède déjà un instrument étalonné, il est facile d'en étalonner d'autres par comparaison. Dans le cas contraire, on fait passer dans l'appareil un courant constant et d'intensité connue. Pour les instruments dans lesquels la déviation est une fonction connue de l'intensité, comme les boussoles, il suffit d'une opération; pour les galvanomètres ordinaires, il faut en faire un grand nombre. Pour le galvanomètre de Thomson, une seule opération suffit, car les déviations sont proportionnelles aux intensités; mais il faut recommencer chaque fois qu'on déplace l'aimant correcteur, car la sensibilité dépend de sa position. Pour connaître l'intensité du courant qu'on fait passer dans l'appareil, le plus simple est d'intercaler en même temps dans le circuit un électrolyte (Voy. Intensité). On peut aussi intercaler une résistance connue R et mesurer par un voltmètre la différence de potentiel ε aux deux extrémités de cette résistance, l'intensité est

$$I = \frac{\varepsilon}{R}.$$

On peut enfin étalonner un galvanomètre à l'aide d'une bobine étalon; l'électrodynamomètre de l'Association britannique, décrit plus haut, peut servir à cet usage.

ÉTAT ÉLECTRIQUE. — État d'un corps électrisé.

État permanent. — État d'un conducteur parcouru par un courant constant.

État variable. — État d'un conducteur parcouru par un courant d'intensité variable. Il y a toujours, même avec une source constante, un état variable au moment de la fermeture et de l'ouverture du circuit. L'état permanent est donc précédé et suivi d'un *état variable*. On admet que l'intensité pendant cette période est représentée par

$$i = I\left(1 - e^{-\frac{Rt}{L}}\right)$$

I étant l'intensité finale, i l'intensité au temps t, e la base des logarithmes népériens, R la résistance totale, L le coefficient de self-induction. Cette formule ne s'applique plus lorsque le circuit renferme un électro-aimant. On peut se servir alors de la formule suivante, établie par M. Leduc:

$$(E - Ri)\,dt = d\varphi$$

φ étant le flux de force total qui traverse le circuit au temps t.

M. Guillemin à étudié expérimentalement l'état variable. Pour un fil télégraphique de 570 km. et une pile de Bunsen de 60 éléments, la durée de cette période est 0,02 seconde. Près de la pile, les intensités vont en diminuant; elles croissent au contraire dans la partie du circuit voisine de la terre.

ÉTAT SENSITIF. — MM. W. Spattiswoode et J.-F. Moulton ont étudié en 1879 « l'état sensitif des décharges électriques à travers les gaz très raréfiés.

« La colonne lumineuse produite dans les tubes à vide par la décharge électrique manifeste quelquefois une grande sensibilité quand on approche du tube le doigt ou un autre corps conducteur. L'effet exact de ce rapprochement varie beaucoup avec les circonstances de la décharge. Dans bien des cas, la colonne lumineuse est repoussée (fig. 323); dans d'autres, et surtout quand on touche le tube avec le doigt, la colonne est coupée; dans ce dernier cas, outre l'éclat lumineux qui existait auparavant, on voit souvent saillir de l'intérieur du tube, au point où repose le doigt, la lueur bleue qui caractérise généralement le bout négatif d'une décharge. Dans quelques cas, l'action de la décharge est si énergique que l'on voit apparaître sur le côté du tube opposé au point touché la fluorescence bleue ou verte bien connue.

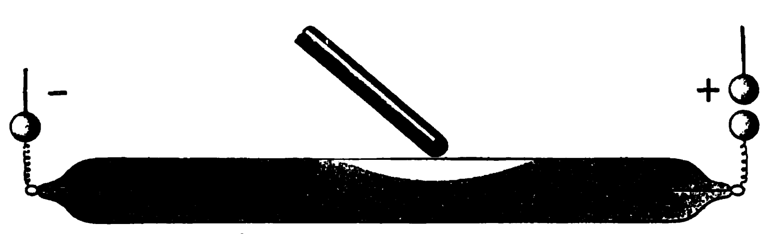


Fig. 323. — État sensitif des décharges dans les gaz raréfiés.

« Le degré de sensibilité varie entre des limites écartées. Cet état sensitif ne semble pas appartenir en propre à un milieu gazeux particu-

lier, ou à une forme de tube spéciale, et il est très probable, en réalité, qu'avec des précautions convenables, on peut produire des décharges sensitives dans presque tous les tubes. Cet état peut se manifester dans des décharges stratifiées, mais plus généralement il accompagne les décharges où l'on ne voit pas de traces bien nettes de stratification. Toutefois, il ne se présente pas constamment dans ce genre de décharge. » Le lecteur trouvera des renseignements très complets sur ce sujet, que nous ne pouvons développer ici, dans le *Traité d'électricité* de Gordon, dont nous avons extrait les passages qui précèdent. Nous citerons aussi les travaux de M. Desruelles sur le même sujet.

ÉTHER. — Milieu élastique, extrêmement raréfié, que l'on suppose répandu partout, même dans le vide, et par les vibrations duquel on explique la propagation de la lumière et de la chaleur. On tend à regarder aujourd'hui les phénomènes magnétiques et électriques comme étant aussi des manifestations des propriétés de l'éther. « Les différents phénomènes d'électricité et de magnétisme sont favorables à la conception de Faraday, qui consiste à abandonner l'idée des actions à distance, et à considérer les forces comme transmises par les réactions élastiques d'un milieu intermédiaire. C'est une hypothèse analogue à celle qui sert de base aujourd'hui à la théorie physique de la lumière; mais il serait contraire à l'esprit scientifique d'imaginer ainsi autant de milieux différents qu'il y a de phénomènes à expliquer, comme on le faisait autrefois par les hypothèses distinctes du fluide calorifique, des fluides électriques et des fluides magnétiques.

« Le grand problème que soulève la philosophie de la science est donc de connaître la constitution d'un milieu unique qui permette d'expliquer en même temps tous les phénomènes physiques. » (Joubert et Mascart.)

ÉTINCELLE ÉLECTRIQUE. — Trait de feu se produisant entre deux corps chargés d'électricités contraires ou entre un corps électrisé et le sol. C'est une des formes de la décharge disruptive. Sa forme varie avec sa longueur. Quand elle est courte, c'est un trait rectiligne très lumineux et dont l'épaisseur augmente avec la quantité d'électricité mise en jeu. Si l'on augmente la distance ou qu'on diminue la capacité du conducteur, le trait devient plus grêle, moins lumineux et se replie en zigzag (fig. 324), puis se ramifie de plus en plus et se transforme en fin en aigrette (voy. ce mot). Dans les gaz rar- l'étincelle se transforme en lueur (voy. ce m. La couleur de l'étincelle varie avec la n. du gaz : elle est violacée dans l'air, l'ox.



Fig. 324. — Étincelle ramifiée.

l'azote, rouge dans l'hydrogène, verte l'acide carbonique, etc. La longueur de l'é- celle dépend de la différence de potentiel les deux électrodes (voy. Distance explo-

Les tubes et globes étincelants augm- considérablement la longueur de l'étin- une série de losanges métalliques sont les uns à la suite des autres, et se charge par influence quand on relie l'une des mités de l'appareil à la machine, l'autre a l'étincelle éclate à la fois dans tous les i valles.

L'étincelle est toujours accompagnée bruit sec produit par l'ébranlement du m. On le montre avec le thermomètre de Kin ley (voy. ce mot). Elle peut traverser les isol solides et liquides : elle perce une carte, lame de verre; quand elle passe dans l' l'ébranlement casse le tube qui renferm liquide.

L'étincelle produit des effets physiques, miques et physiologiques. Sa chaleur fond volatilise les fils ou lames de métal très (portrait de Franklin). Elle provoque les binaisons et les décompositions chimiques tolet de Volta); mais, là encore, c'est géné ment à sa chaleur qu'on attribue les e produits. Elle donne des commotions var suivant son énergie, depuis une simple pi jusqu'à un choc formidable. La commotion la bouteille de Leyde peut être ressenti même temps par un grand nombre de sonnes faisant la chaîne; elle est plus f aux extrémités qu'au milieu. L'effet phys gique semble proportionnel à l'énergie; on porte plus facilement des étincelles de 30 centimètres provenant d'une machine or naire que des étincelles de quelques millim tres produites par une batterie de grande pacité.

EUDIOMÈTRE. — Appareil destiné à produir la combinaison ou la décomposition des sous l'influence de l'étincelle électrique. L

anciens eudiomètres, dont la figure 325 montre deux spécimens, se composaient d'un tube de verre épais, traversé par deux tiges métalliques BC soigneusement isolées, entre lesquelles on fait passer une étincelle, à l'aide d'un électrophore ou mieux d'une bobine de Ruhmkorff. Une plaque de métal empêche les gaz de sortir pendant la détonation. Le second modèle s'emploie sur l'eau. L'étincelle jaillit entre la tige isolée et la monture métallique. Un tube étroit et

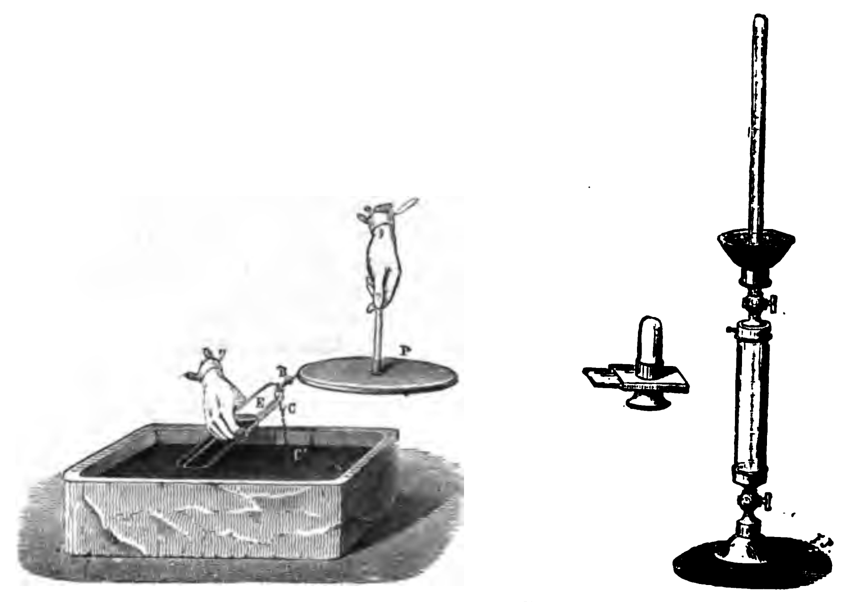


Fig. 325. — Eudiomètre à mercure et eudiomètre à eau.

gradué sert à mesurer le résidu gazeux. Une jauge, représentée à part, sert à introduire les gaz.

Eudiomètre d'Hofmann. — Les instruments précédents sont incommodes et ont l'inconvénient d'exiger de nombreux transvasements, pendant lesquels on peut perdre du gaz. Il existe un certain nombre d'appareils plus récents dans lesquels on a évité ce défaut. L'eudiomètre d'Hofmann (fig. 326) est composé d'un tube de verre en forme d'U, dont la branche fermée est traversée en A par deux fils de platine destinés à exciter l'étincelle, et muni de deux robinets de verre R et P; ce dernier, qui a un conduit coudé, est représenté à part. Pour introduire un gaz, on commence par remplir l'appareil de mercure, puis on adapte à la tubulure T un caoutchouc en communication avec l'appareil producteur de ce gaz, et l'on tourne la clef P de manière que le conduit coudé aille de T en V. On laisse dégager le gaz pendant quelques instants, de manière à chasser l'air du caoutchouc et du conduit TV, puis on fait faire à P un demi-tour, pour faire arriver le gaz dans le tube AB; en même temps, on ouvre le robinet R pour laisser écouler le mercure. Quand on a introduit la quantité de gaz nécessaire, on ferme les deux robinets, et on amène le gaz à la pression vou-

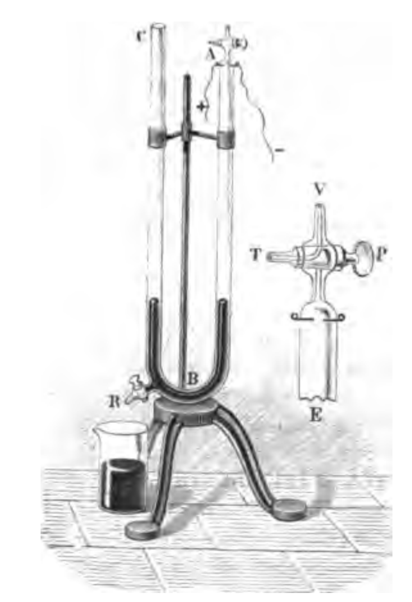


Fig. 326. — Eudiomètre d'Hofmann.

lue en faisant écouler du mercure ou en en ajoutant par C.

Eudiomètre de M. Riban. — Dans l'appareil de M. Riban, on a évité les longs fils de platine ou de cuivre des instruments précédents, qui peuvent se casser facilement et retiennent des bulles gazeuses au moment des transvasements. Il se compose d'un tube de verre (fig. 327) traversé par

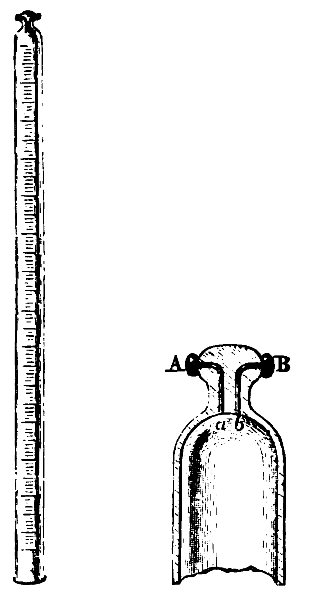


Fig. 327. — Eudiomètre de M. Riban.

deux fils de platine A*a* et B*b*, fondus en boule en A et B, et dépassant à peine le verre en *a* et *b*, mais placés assez près l'un de l'autre pour laisser passer l'étincelle. Le bouchon est en liège et traversé par un tube capillaire, qui laisse sortir puis rentrer le mercure au moment de l'explosion, et diminue ainsi le choc supporté par le verre.

Nous avons décrit les modèles les plus usités parmi les eudiomètres récents; il en existe un certain nombre d'autres pour la description desquels nous renvoyons aux ouvrages de chimie.

EUDIOMÉTRIE. — Ensemble des procédés d'analyse fondés sur l'emploi de l'eudiomètre.

EUDIOMÉTRIQUE (Analyse). — Analyse des gaz par l'eudiomètre.

EXCITABILITÉ ÉLECTRIQUE. — Sensibilité des organes à l'électricité.

EXCITATEUR. — Instrument qu'on relie aux pôles d'une source électrique pour recueillir l'électricité.

Excitateur à manches de verre. — Arc métallique muni de deux manches de verre MM' et formé de deux parties BB' réunies par une charnière A (fig. 328). Il sert à charger et à décharger les conducteurs, notamment les batter... les faisant communiquer avec une machi... avec le sol.

Excitateur universel. — Appareil form... deux tiges métalliques, portées par de... isolants, et pouvant s'incliner à volonté et... ser dans leurs montures (fig. 329). Les ex... tés peuvent recevoir des accessoires de f... variées (pointes, boules, serre-fils, etc.); un... micrométrique C mesure la distance de ces... pièces. Les deux montures OO' peuvent... reliées aux pôles d'une pile, d'une bobi... d'une machine électrostatique, ou aux arm... d'une batterie. On peut observer les étin... entre EE' ou placer en ce point l'appare... métallique, portrait de Franklin, etc.), qu... traverser la décharge.

Excitateurs médicaux. — Dans les ap... tions médicales, on nomme excitateurs ou... trodes les pièces métalliques de divers... mes qui établissent la communication a... malade.

Pour l'électricité statique, il suffit d'un... nombre d'excitateurs : 1° un *excitateur à p... simple*, formé d'une tige de laiton poi... 2° un *excitateur à boule;* 3° un *excitateur à p... tes multiples*, petit cylindre de laiton te... par une plate-forme hérissée de pointes; 4° *excitateur en bois*, tige de bois dont l'ex... mité est arrondie en boule. Le premier... à produire un souffle assez rude, et le... sième un souffle plus doux. Le second d... des étincelles; enfin le dernier, étant peu... ducteur, produit des étincelles faibles et n... breuses donnant une assez vive révulsi... sert notamment à électriser la tête.

Pour l'application des courants, il est... mode d'avoir un manche isolant (fig. 330)... lequel on fixe en V un excitateur de forme q... conque, et en B les rhéophores; un bouton l... d'interrupteur.

Lorsqu'on fait usage des courants cont... seulement pour utiliser leur effet sur la n... tion générale, mais non l'action produite... contact de l'électrode, il est avantageux, p... diminuer la résistance au contact de la p... et éviter l'action chimique en ce point, d'em... ployer de larges plaques de métal ou de cha... bon recouvertes de peau ou d'amadou, et qu... imbibe d'eau salée au moment de s'en se... Ces plaques (fig. 331) peuvent être tenues à... main ou appliquées par des courroies. On... employé aussi, dans le même but, un roul... qu'on déplaçait à la surface de la peau; ce... disposition est moins bonne, parce que le s...

placement est toujours accompagné d'intermittences. On peut encore se servir de terre glaise, également imbibée d'eau salée. Dans tous les cas, la peau doit être bien nettoyée au savon ou à l'alcool pour diminuer la résistance.

Si l'on veut utiliser l'effet chimique produit

Fig. 328. — Excitateur à manches de verre.

Fig. 330. — Manche isolant pour excitateurs.

Fig. 329. — Excitateur universel.

seulement à l'un des pôles (galvanocaustique chimique), on y dispose un excitateur plus étroit, tandis que l'autre reçoit encore une large plaque. Ainsi, pour le traitement des anévrysmes, le pôle positif est constitué par une aiguille mince (fig. 332), qu'on enfonce dans l'artère,

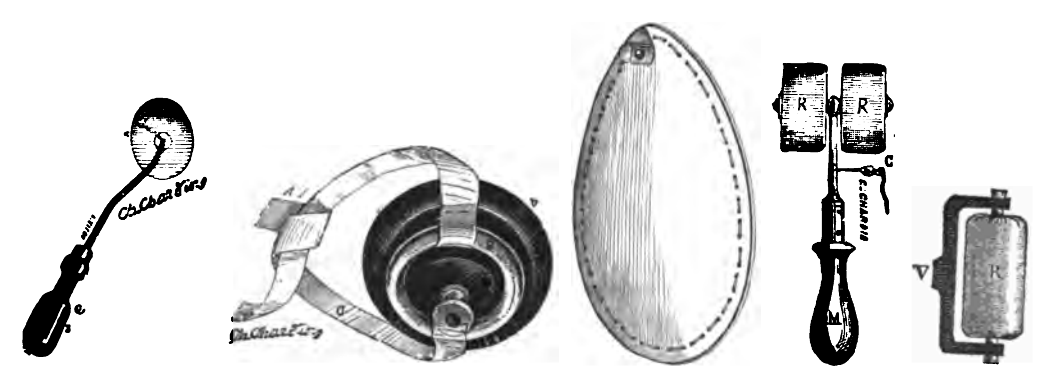


Fig. 331. — Plaques et rouleaux recouverts de peau. (Modèles Charles Chardin et Gaiffe.)

tandis que l'électrode négative appliquée sur la peau est une large plaque (Voy. Galnanocaustique chimique).

La forme des excitateurs (fig. 333) varie avec le point où ils doivent être appliqués. Pour les courants induits notamment, il n'est besoin que d'une petite surface. Les excitateurs olivaires servent surtout pour la galvanisation des par-

ties profondes; le second et le troisième modèles sont destinés au rectum. L'excitateur double, formé de deux parties recourbées, montées à



Fig. 332. — Aiguille pour électropuncture.

charnière, et pouvant s'écarter d'un angle variable, permet d'électriser à la fois deux points rapprochés. Pour la révulsion par les cou... induits, on se sert souvent d'un petit bala... tallique, que l'on promène à la surface d... peau.

Pour éviter les dérivations, dangereuse... certaines régions, et pour localiser l'acti... un point déterminé, on se sert d'un app... portant à la fois les deux électrodes. ... M. Boudet de Pâris emploie dans ce but ... excitateurs concentriques (fig. 334) : le man...

Fig. 333. — Excitateurs divers.

Fig. 334. — Excitateurs concentriques du Dr B... de Pâris.

à bouton interrupteur, porte un anneau recouvert de peau, qui forme l'un des pôles; le pôle actif est représenté par un bras droit ou coudé, isolé de l'anneau et portant, soit un tampon de charbon recouvert de peau, soit une aiguille d'acier couverte en partie d'un vernis isolant, ou une pointe conique en cuivre nickelé. Le premier est destiné à la galvanisation des nerfs ou des muscles de la face, le second à l'électrolyse des tumeurs érectiles et ganglionnaires, et le troisième aux petites tumeurs superficielles des téguments. Un autre modèle, formé d'un di... que séparé de l'anneau seulement par une fen... très étroite, sert à produire une action chim... que capable d'amener la rubéfaction ou m... la vésication; le disque central est généra... ment relié au pôle négatif.

Nous indiquerons encore quelques excita... teurs particuliers. La sonde du Dr Boudet de Pâris sert à galvaniser la vessie, dans la para... lysie vésicale : une sphère de cuivre creuse re... liée au pôle négatif (fig. 335) est munie de tr...

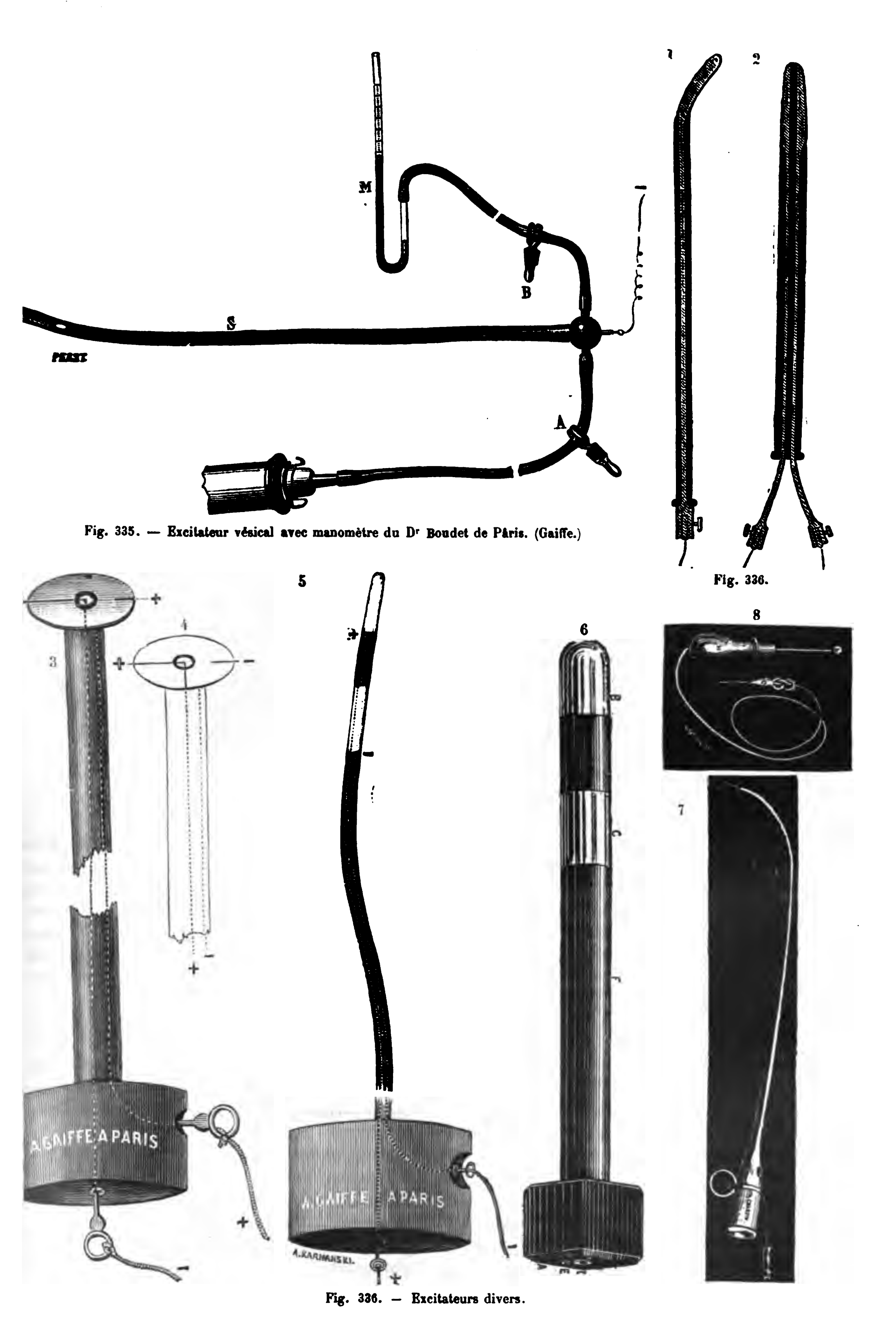


Fig. 335. — Excitateur vésical avec manomètre du Dr Boudet de Pâris. (Gaiffe.)

Fig. 336.

Fig. 336. — Excitateurs divers.

1, 2. Excitateurs utérin simple et double du Dr Tripier. (Gaiffe.) — 3, 4. Excitateur utérin double concentrique à disque du Dr Apostoli. — 5. Excitateur utérin double annulaire du Dr Apostoli. — 6. Excitateur vaginal du Dr Apostoli. (Chardin.) — 7 Excitateur pour la trompe d'Eustache. — 8. Excitateur spécial pour la paupière. (Chardin.)

embouts : l'un S s'implante dans une sonde en gomme, qui renferme l'électrode métallique ; A sert à vider la vessie ou à y injecter de l'eau à l'aide d'une seringue, comme le montre la figure; B peut communiquer avec un manomètre M.

Les quatre premiers modèles (fig. 336) sont des excitateurs utérins : le premier est simple et enfermé dans une sonde tantôt droite, tantôt recourbée à son extrémité. On lui adjoint un bouton ou une plaque de charbon sur les parois abdominales. Les trois autres renferment les deux conducteurs, et servent à la faradisation isolée de la cavité. Le premier est celui du Dr Tripier; le second, dû au Dr Apostoli, se termine par deux cercles concentriques. Les modèles 6, 7, 8 sont destinés au col de la matrice, aux yeux, à la trompe d'Eustache.

EXCITATION. — On donne ce nom, dans les machines dynamos, aux différentes manières de produire le champ magnétique ou d'aimanter les inducteurs. Le courant qui passe dans ceux-ci peut être fourni en effet soit par une machine séparée (*excitation indépendante*), soit par la dynamo elle-même, qui est dite alors *auto-excitatrice*. Dans ce cas, les inducteurs peuvent recevoir soit le courant total (*excitation en série*), soit une partie seulement de ce courant (*excitation en dérivation*); ils peuvent même être entourés d'un double circuit, l'un en série, l'autre en dérivation (*excitation compound* ou en *double circuit*).

On peut encore employer bien d'autres modes d'excitation, par exemple faire usage à la fois d'une excitatrice et d'une dérivation, ou, s'il y a plusieurs inducteurs, monter les uns en série et les autres en dérivation, etc. Nous insisterons seulement sur les modes d'enroulement principaux.

Lorsqu'une machine auto-excitatrice commence à tourner, les inducteurs ne sont parcourus par aucun courant; le magnétisme rémanent gardé par les noyaux, dont le fer n'est jamais absolument doux, suffit ordinairement pour amorcer la machine.

Excitation indépendante. — Ce système a l'inconvénient d'exiger une machine spéciale, mais il permet de varier facilement l'intensité du courant inducteur en changeant la force électromotrice de l'excitatrice ou la résistance du circuit; en outre la force électromotrice de la dynamo est indépendante de la résistance du circuit extérieur. Ce mode d'excitation s'impose dans les machines à courants alternatifs, à moins de redresser par un commutateur la partie du courant qu'on lance dans les [...]tros.

Excitation en série (fig. 337). — La cons[...]

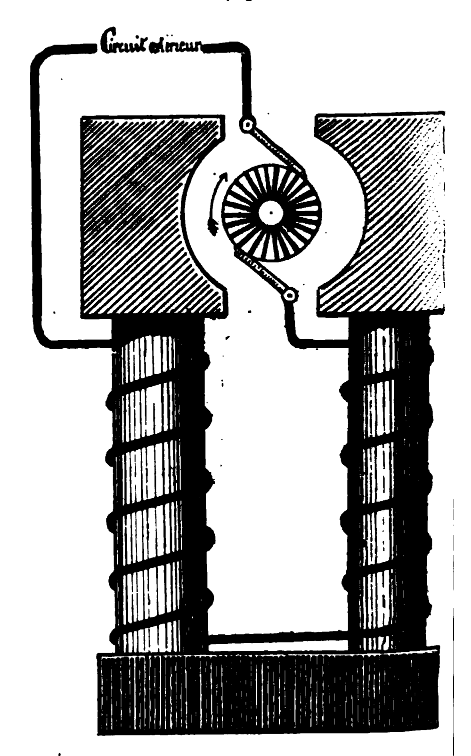


Fig. 337. — Excitation en série.

tion est plus simple que dans les systèm[...] vants. Les électros recevant le courant to[...] y a avantage à les former d'un fil gros et [...] de diminuer leur résistance, ce qui, po[...] même circuit extérieur, rendra le courant [...] intense. Il faut observer cependant qu'en [...] sant ainsi on risquerait d'augmenter beau[...] le prix de revient de la machine, car le pri[...] fil augmente avec sa section, et ce prix fo[...] une partie notable du coût total. Aussi cal[...] t-on ordinairement la section du fil d'a[...] l'échauffement que doit produire le passa[...] courant; on peut admettre 2 à 4 ampère[...] millimètre carré, suivant que l'épaisseur [...] spires permet un refroidissement plus ou m[...] lent.

L'excitation en série présente un grav[...] convénient. Si le circuit extérieur contient [...] appareil qui puisse, à un certain moment, [...] velopper une force contre-électromotrice [...] périeure à la force de la machine, le cour[...] s'intervertit et peut renverser la polarité [...] champ magnétique, de sorte qu'aux opératio[...] suivantes le changement de sens du coura[...]

persistera, ce qui peut être très grave, par exemple s'il s'agit de charger des accumulateurs ou de faire de la galvanoplastie. On peut obvier à cet inconvénient par l'emploi d'un conjoncteur-disjoncteur.

Si l'on emploie cette disposition, il est avantageux de placer les appareils extérieurs en quantité, de sorte que l'addition de chacun d'eux diminue la résistance; l'intensité augmente avec le travail à effectuer.

Excitation en dérivation (fig. 338). — Dans ce cas, le fil des électros doit être long et fin, pour ne pas absorber une trop grande partie de l'intensité. On calcule sa résistance d'après celle du circuit extérieur. Le courant principal peut s'intervertir sans influer sur la polarité des inducteurs : ces machines conviennent donc au cas où il peut se produire une force contre-électromotrice. Les appareils extérieurs doivent être montés de préférence en série.

Influence du mode d'excitation sur le débit. — Soit une machine excitée en série, R la résistance extérieure, r celle de l'induit et ρ celle des inducteurs.

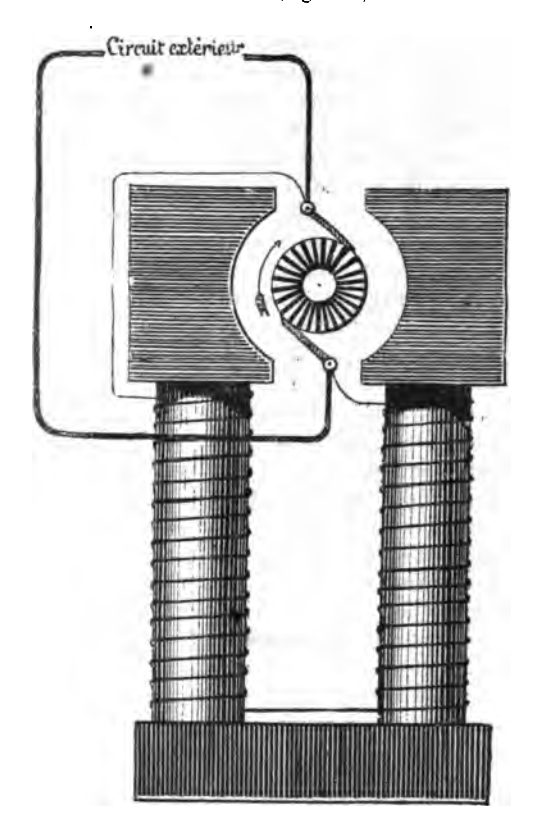



Fig. 338. — Excitation en dérivation.

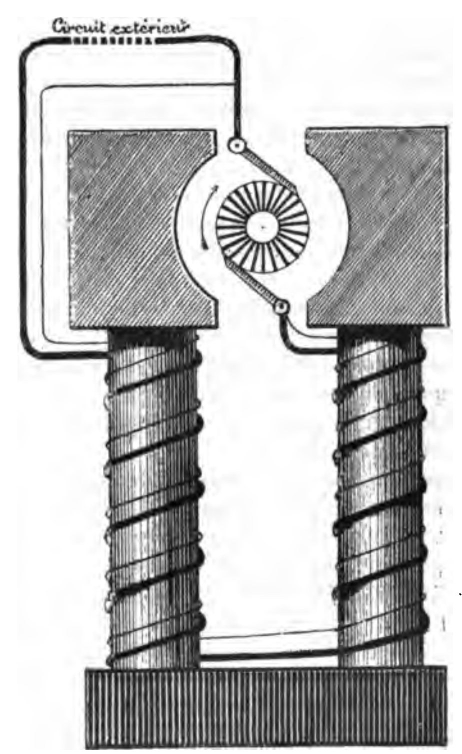


Fig. 339. — Excitation compound.

Figures empruntées à M. Montillot, *La lumière électrique*.

L'intensité est

$$I = \frac{E}{R + r + \rho}.$$

Il est évident que, si la résistance extérieure R, qui est ordinairement très supérieure aux deux autres, vient à augmenter, l'intensité diminue; par conséquent le champ magnétique diminue aussi, et il en est de même de la force électromotrice. C'est donc au moment où le travail à effectuer augmente que l'énergie produite devient plus faible.

Au contraire, dans une machine excitée en dérivation, si la résistance extérieure augmente, une plus grande partie du courant passe dans les inducteurs; le champ magnétique augmente, et la force électromotrice croît relativement plus vite que R, de sorte que l'intensité totale augmente.

Excitation compound (fig. 339). — On voit que, dans aucun des deux modes d'excitation précédents, la force électromotrice, ou la différence

de potentiel aux bornes, qui lui est proportionnelle, ne reste constante quand on fait varier la résistance extérieure, mais qu'elle augmente dans un cas et qu'elle diminue dans l'autre : on comprend qu'en associant les deux modes d'enroulement on puisse rendre cette différence constante, ou tout au moins peu variable, quelle que soit la résistance. C'est le but de l'excitation compound ; les électros sont entourés de deux fils, dont l'un, gros et court, est monté en série et reçoit le courant total, tandis que l'autre, long et fin, est placé en dérivation. Ces fils peuvent être superposés dans un ordre quelconque.

L'enroulement compound n'est pas sans inconvénients : la compensation n a lieu que pour une vitesse de rotation déterminée ; si on change cette vitesse, ou si le mouvement est irrégulier, la constance n'existe plus, et en outre il se produit des étincelles qui usent rapidement les collecteurs. Le prix de revient est plus élevé que pour les autres machines, et la dépense d'énergie nécessitée par l'excitation est plus grande. Mais, comme ce système a l'avantage de ne pas détruire rapidement les lampes et de permettre d'éteindre un nombre quelconque de foyers sans influencer les autres, son emploi a pris dans les dernières années une grande extension.

Nous indiquerons, dans la description des diverses machines dynamo-électriques et à l'article RÉGULATEUR, d'autres moyens de rendre constante la différence de potentiel.

EXCITATRICE (MACHINE). — Petite machine destinée à exciter les inducteurs d'une dynamo. Tantôt l'excitatrice est fixée sur la machine principale (machine auto-excitatrice de Gramme), tantôt elle est complètement séparée.

EXÉCUTIONS CAPITALES PAR L'ÉLECTRICITÉ. — L'assemblée législative de l'État de New-York a voté, en 1888, une loi d'après laquelle tous les condamnés à mort seraient exécutés par l'électricité. Une commission fut chargée de rechercher la méthode la plus pratique pour l'application de la nouvelle peine capitale.

Conformément aux conclusions de cette commission, on vient de commencer à construire à New-York un bâtiment destiné aux exécutions par l'électricité, qui sera attenant aux cellules d'isolement de la prison de Sing-Sing et dépendra de cet établissement. La dynamo sera à courants alternatifs et à excitation indépendante, donnant 1000 volts et 1800 alternances par minute à la vitesse de 1650 tours. Un câble d'environ 300 mètres de longueur amène courant à la salle d'exécution, qui renferm comme accessoires : un voltmètre placé en rivation sur les fils principaux, un am mètre, deux commutateurs placés sur les conducteurs principaux, pour éviter les dents. La chaise d'exécution est massive bois dur : le condamné y sera assujetti pa courroies qui immobiliseront tout le corp tête seule pourra faire un léger mouve qui n'entravera pas l'action du courant. L trémité de l'un des conducteurs se visse un trou fileté pratiqué au sommet d'une de calotte métallique renfermant un disq bronze de 1,5 mm. d'épaisseur et de 50 mm diamètre, auquel est fixé un fil de cuiv 3 mm. disposé en spirale et s'adaptant forme de la tête. Une couche de toile coton spongieux séparera le métal de la et le tout sera recouvert d'un bonnet de c chouc rempli d'un liquide conducteur.

L'autre rhéophore se divise en deux con flexibles se rendant aux électrodes des p Chacune de ces électrodes est formée d plaque métallique de 3 mm. d'épai 350 mm. de hauteur et 50 mm. de lar L'extrémité antérieure se termine par une p plus épaisse, percée d'un trou fileté qui r l'extrémité du conducteur souple. Le co est encore assuré par une substance spon et un liquide. On mesurera d'abord, d'ap les journaux scientifiques américains, la r tance du condamné à l'aide d'un pont Wheatstone, afin de connaître le nombre m mum de volts nécessaire pour produire la m Des lampes à incandescence, placées dans chambre d'exécution, indiqueront le mom où la machine fonctionnera. Un bouton d'ap placé dans cette chambre actionnera une nerie placée près de la dynamo, pour ren gner l'ingénieur exécuteur (*engineer executi*

EXPLORATEUR. — On donne ce nom à p sieurs appareils servant à des recherche verses.

Explorateur du champ magnétique. — V AIMANT et INDUCTOMÈTRE.

Explorateur de fil. — Sorte de petit ap reil téléphonique excité par un aimant en à cheval qu'on place sur un fil télégraphiq et qui sert à vérifier s'il s'y produit des ef d'induction par le voisinage des autres fils.

Explorateur-extracteur. — Appareil imag par M. Trouvé pour constater l'existence d corps étranger dans l'intérieur d'une plaie reconnaître la nature de ce corps.

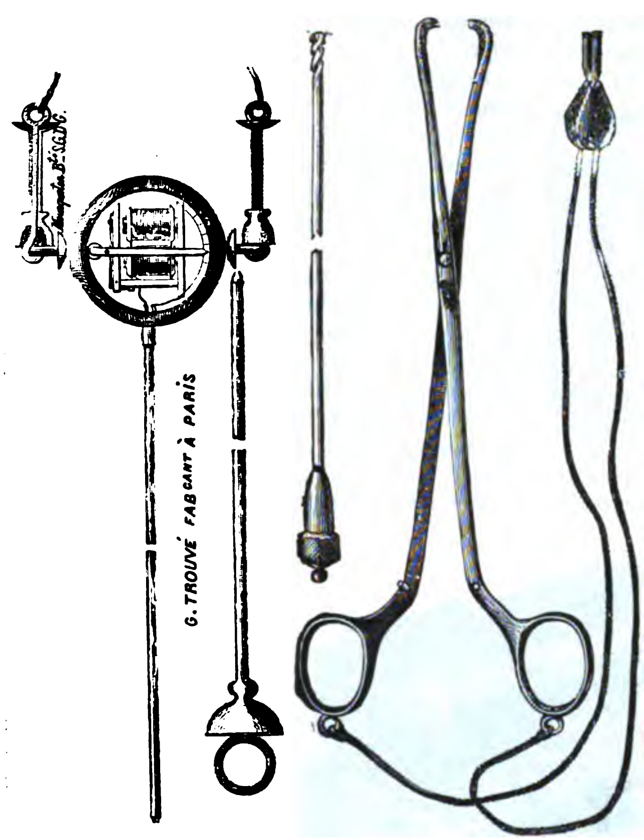


Fig. 340. — Explorateur et pince exploratrice de Trouvé.

Une sonde contient deux fils métalliques isolés et terminés à l'extérieur par deux pointes



Fig. 341. — Sonde microtéléphonique.

dures et fines (fig. 340) ; ces fils sont reliés à une pile de petites dimensions qu'on peut porter en bandoulière, et le circuit comprend un petit trembleur à électro-aimant, qui forme en quelque sorte une sonnerie sans timbre. Si l'extrémité de la sonde vient à rencontrer un corps dur, mais peu conducteur, comme un os, le courant ne passe pas ; mais, si elle rencontre un objet métallique, les deux pointes se trouvent réunies et le circuit se ferme : on en est averti par le mouvement du trembleur et le léger bruit qui l'accompagne. Si cet objet est mou, du plomb par exemple, les pointes s'y enfoncent, et on peut retirer la sonde d'une petite quantité sans faire cesser le courant ; s'il est en métal plus dur (fer ou cuivre), le courant n'est établi que par contact et il s'interrompt dès qu'on retire un peu la sonde. Le même trembleur peut s'appliquer aux pinces destinées à l'extraction des fragments métalliques. Les deux branches sont alors isolées l'une de l'autre au pivot et communiquent avec les deux bornes du trembleur. Celui-ci fonctionne lorsque les deux mors saisissent un objet métallique, mais non lorsque l'appareil est ouvert ou qu'il se ferme sur un os. La figure montre en outre une tarière qui sert à prélever quelques parcelles du corps étranger, lorsqu'il est mou, pour en déterminer la nature.

Sonde microtéléphonique. — M. Chardin construit pour les mêmes usages un appareil (fig. 341) fondé sur l'emploi du microphone : il sert notamment à reconnaître l'existence d'un calcul ou d'un autre corps dur dans la vessie. Une sonde rigide ordinaire se termine par une poignée cylindrique renfermant un microphone. On relie cette sonde à un téléphone et à une pile qui se voit à droite de la figure. Tout choc contre un corps dur produit dans le téléphone un bruit sec très différent du frôlement dû au contact de la muqueuse.

EXPLOSEUR. — Petit appareil spécialement destiné à l'inflammation des amorces pour les mines.

On peut employer pour cela de petites machines d'électricité statique. Tel est l'appareil d'Ebner (fig. 342), en usage dans le

génie autrichien. Il est formé d'un ou deux plateaux de verre ou de caoutchouc, qui tournent entre des plateaux garnis d'or mussif, et char-

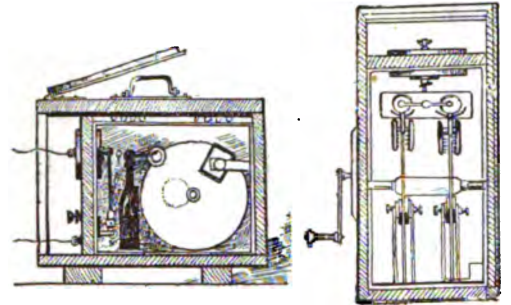


Fig. 342. — Appareil d'Ebner (élévation antérieure et latérale).

gent une bouteille de Leyde. Deux poupées reçoivent les fils qui aboutissent à l'amorce. La bouteille chargée, on établit les communications.

L'exploseur de Bréguet, ordinairement appelé *coup de poing*, est un petit appareil magnéto-électrique (fig. 343). Un aimant en U est formé de plusieurs lames d'acier superposées ; autour des deux pôles sont fixées des bobines, enroulées de telle sorte que leurs effets s'ajoutent, et reliées au circuit qui contient les amorces. Une armature de fer doux, appliquée sur les pôles, peut tourner autour d'une charnière parallèle à la ligne des pôles; elle est commandée par un levier coudé terminé par un bouton, qu'on frappe fortement avec le poing. L'armature s'écarte brusquement, produisant dans les bobines un courant induit. Mais un ressort porté par le levier coudé vient toucher une vis de butée et maintient les bobines en court circuit pendant

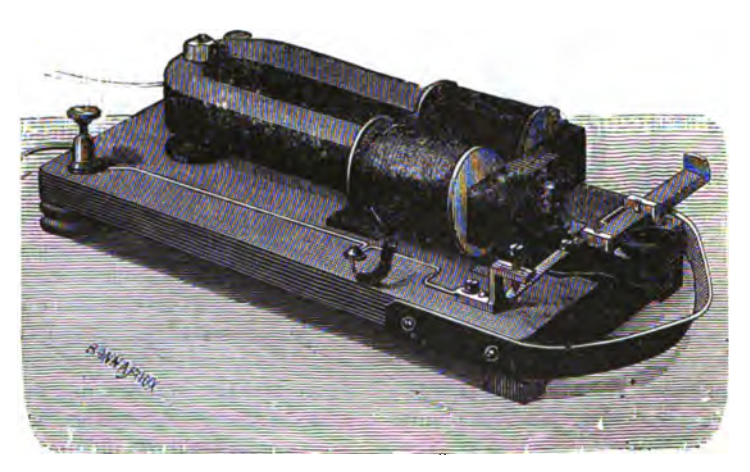


Fig. 343. — Coup de poing Bréguet.

la première partie de la rotation; c'est seulement à la fin, lorsque l'extra-courant s'ajoute au courant induit, que le ressort abandonne la vis, lançant le courant total dans le circuit des amorces. Un verrou immobilise l'armature pour empêcher les accidents.

M. Marcel Deprez a construit plusieurs modèles d'exploseurs. Dans l'un, la bobine est fixée sur une pièce de fer doux, placée entre les branches de l'aimant et mobile autour d'un axe parallèle à ces branches. On fait tourner la pièce de fer doux et la bobine au moyen d'une manette.

Dans un autre modèle, la bobine est encore placée entre les branches de l'aimant, mais elle est fixée à une armature qui s'applique sur les pôles, comme dans l'appareil de Bréguet. Le courant produit par le déplacement de l'armature est lancé dans le fil inducteur d'une bobine de Ruhmkorff, et le courant induit de cette bobine est envoyé dans le circuit des amorces.

MM. Siemens et Halske construisent des exploseurs dynamo-électriques. L'armature, actionnée par une manivelle, fait d'abord quatre tours pour amorcer la machine : le courant est alors lancé dans les amorces.

Le génie allemand emploie l'exploseur Marcus (fig. 344); il est contenu dans une longue boîte dont le fond et deux des côtés forment un aimant en fer à cheval; les deux autres côtés sont en ébonite et l'un d'eux porte les deux bornes.

Une armature de fer doux, sur laquelle s'enroule une bobine à fil très fin, peut tourner autour d'un axe vertical, à l'aide de la poi-

gnée extérieure. Si on lui fait faire quelques tours, un arrêt la maintient dans sa position; mais, dès qu'on appuie sur le bouton qu'on

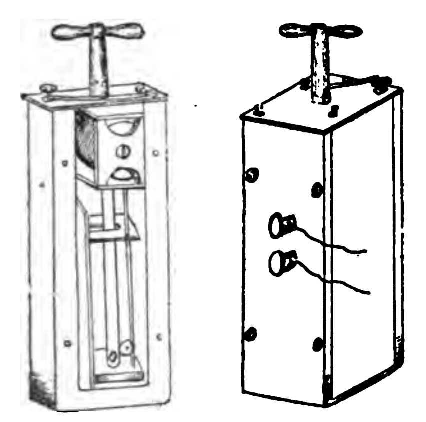


Fig. 344. — Exploseur Marcus.

voit à gauche du premier dessin, un ressort puissant la ramène rapidement à sa position première. A ce moment, une lame métallique intérieure s'écarte momentanément de l'axe et lance le courant dans le circuit extérieur.

EXPLOSEUR-VÉRIFICATEUR DE PLACE. — Le capitaine de Place a imaginé un appareil qui sert à vérifier et à faire exploser les amorces de quantité et de tension.

Une pile de trois éléments Germain π, montés en tension (fig. 345), peut communiquer à volonté avec une bobine de Ruhmkorff AB. Le couvercle de l'appareil porte trois boutons commutateurs, deux bornes d'attache et un téléphone. Au repos, les points *b* et *c* se touchent ainsi que les points *b′ c′*. Les amorces sont reliées aux bornes CD. A l'aide du bouton 3, on relie $a'' b''$ et le courant peut traverser le téléphone en dérivation. Quand le téléphone est sur son support, il presse un petit levier à ressort qui met en contact *t* et *t′*; lorsqu'on le saisit, cette communication se trouve supprimée automatiquement.

Lorsqu'on appuie sur le bouton 2, on envoie

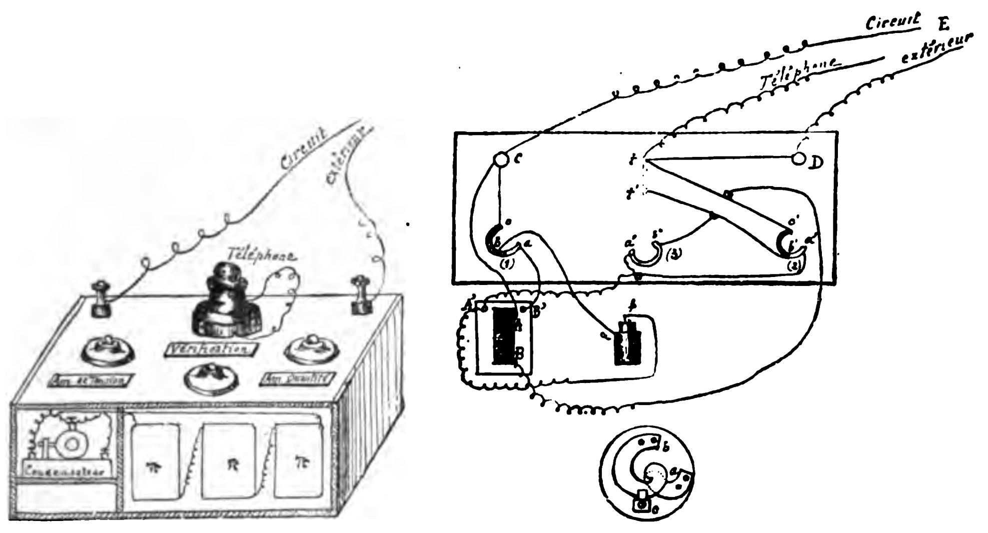


Fig. 345. — Exploseur-vérificateur de M. le capitaine de Place.

dans le circuit extérieur le courant primaire de la pile, qui est suffisant pour faire détoner plusieurs amorces à fil de platine. En pressant le bouton 1, on lance ce courant dans la bobine, et le courant induit fait exploser les amorces à étincelle.

Pour vérifier les amorces de quantité, on emploie le courant de la pile; on enlève le téléphone, ce qui introduit automatiquement dans le circuit une résistance suffisante pour que le courant ne puisse pas enflammer l'amorce. Si l'on appuie vivement plusieurs fois de suite sur le bouton 3, le téléphone parle très fort, si le fil de platine est intact; il reste muet si le fil est interrompu.

Les amorces de tension se placent en dérivation sur l'induit de la bobine, ce qui a lieu par le seul fait d'enlever le téléphone. Si l'on appuie rapidement plusieurs fois sur le bouton, le courant de la pile est lancé dans cet induit à chaque contact, puis, au moment de la rupture, l'extra-courant ne trouve plus à passer que par

l'amorce et le téléphone, et fait parler celui-ci de différentes façons, suivant l'état de l'amorce.

Si l'amorce est bonne, la faible conductibilité de la substance explosive donne deux sons faibles, qui s'entendent seulement près de l'oreille. Si les extrémités des fils se touchent, on a deux sons bruyants qui s'entendent à distance. Si l'amorce est trop résistante par suite de la mauvaise composition de la matière explosive, on n'a qu'un seul son faible. Enfin si elle ne renferme pas de composition fusante, le téléphone reste muet.

Ce petit appareil est très pratique, peu encombrant, d'un prix peu élevé et très portatif ; il pèse seulement deux kilogrammes.

EXPOSITIONS D'ÉLECTRICITÉ. — La première exposition internationale d'électricité a eu lieu à Paris du 1er août au 15 novembre 1881. Les objets exposés étaient partagés en 6 groupes et 16 classes :

Les six groupes étaient ainsi distribués :

I. Production de l'électricité ;
II. Transmission de l'électricité ;
III. Électrométrie ;
IV. Applications ;
V. Mécanique générale ;
VI. Bibliographie, histoire.

Après cette Exposition, qui obtint un succès très vif, d'autres furent organisées successivement à

Londres, Munich, 1882.
Vienne, 1883.
Philadelphie, Turin, Tœplitz, Nice, 1884.
Paris (Observatoire), Anvers, Steyr (Autriche), 1885.
Bruxelles, 1887.

De plus, l'électricité a joué un rôle important à l'Exposition internationale de 1889. La classe 62 (groupe VI), consacrée spécialement à l'électricité, comptait plus de 500 exposants. En dehors de cette classe, de nombreux exposants étaient encore disséminés dans les classes 6, 7, 8 (enseignement technique), 13 (instruments de musique), 15 (instruments de précision), et enfin 48, 61, 65 et 66 (matériel et exploitation des mines, métallurgie, matériel des chemins de fer, de la navigation et de l'art militaire). Il serait trop long de donner ici un aperçu, même très rapide, des appareils exposés les plus intéressants. Nous décrirons chacun d'eux à son ordre alphabétique. Le lecteur trouvera à l'article Éclairage des renseignements sur l'éclairage électrique de l'Exposition.

Enfin une Exposition internationale du génie électrique et des inventions et des indu[...] générales s'est ouverte à Édimbourg da[...] premiers jours du mois de mai 1890.

La division I, spécialement consacré[...] lectricité, est partagée en six sections :

Section I. — Production d'électricit[...]
— II. — Conducteurs électriqu[...]
— III. — Mesures.
— IV. — Applications.
— V. — Bibliographie.
— VI. — Histoire.

EXTINCTEUR D'ÉTINCELLES A JET D[...] — M. E. Thomson empêche la producti[...] étincelles qui se forment toujours aux colle[...] des dynamos, les échauffent et brûlent [...] les balais, en lançant un jet d'air d'une [...] violence contre les bouts des balais qui [...]tent sur les segments du collecteur (fig. [...]

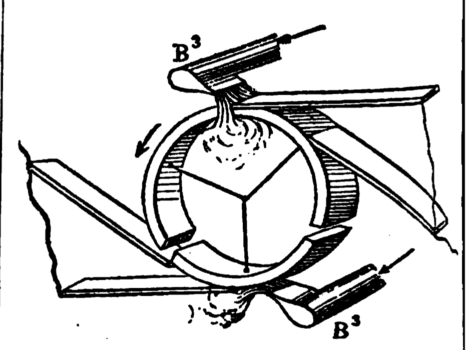


Fig. 346. — Extincteur d'étincelles à jet d'air. (Thomson-Houston Electric Company.)

Ce jet interrompt toute traînée de pous[...] qui tendrait à réunir les segments du c[...]teur, et l'on peut obtenir des forces électr[...]trices supérieures à 2,000 volts avec des d[...]rences de potentiel considérables d'un segm[...] à l'autre, en se servant d'un seul commuta[...] relativement très étroit, et sans échauffe[...] ni détérioration.

L'appareil se compose d'un petit ventila[...] rotatif placé sur l'axe de la machine. L'air [...] aspiré par des ouvertures munies d'une t[...] métallique très fine, pour éviter les poussi[...] et refoulé par des orifices communiquant [...] des ajutages à jets plats. On a six jets [...]tour, trois dans chaque tuyau.

EXTRA-COURANT. — Courant induit [...] prend naissance dans un conducteur trav[...] déjà par un courant de pile ou de machine, [...] moment de la fermeture et de l'ouvertur[...] circuit (Voy. INDUCTION).

EXTRACTEUR. — Voy. EXPLORATEUR.

F

FAISCEAU MAGNÉTIQUE. — L'aimantation des barreaux d'acier ne dépassant guère les couches superficielles, il est préférable, pour obtenir des aimants puissants, de réunir un certain nombre de lames minces, aimantées séparément. Tous les pôles de même nom sont juxtaposés et réunis par une armature de fer doux, qui présente à son extrémité un pôle de même nom (Voy. fig. 63).

FANAL ÉLECTRIQUE. — Les navires munis d'une installation électrique semblable à celles que nous avons décrites plus haut (Voy. Éclairage) peuvent s'en servir pour alimenter les fanaux réglementaires. Pour plus de sûreté, chaque feu est formé de deux lampes à incandescence placées l'une au-dessus de l'autre et munies chacune d'un système optique. Chaque lampe est placée sur un circuit particulier, dans lequel est intercalé un avertisseur d'extinction pouvant mettre en marche une sonnerie. Une dynamo spéciale alimente ces fanaux, et maintient chargée une batterie d'accumulateurs pouvant, en cas d'accident, entretenir l'éclairage des feux pendant huit ou dix heures.

FANFARE ADER. — Appareil microtéléphonique présenté par M. Ader à l'Exposition de 1881, et qui tire son nom de ce qu'il se prête surtout à la transmission des fanfares et des airs de chasse, tandis qu'il donne d'assez mauvais résultats pour la transmission de la parole; cet instrument a figuré de nouveau à l'Exposition de 1889 (pavillon des téléphones), où il était installé de la manière suivante.

Quatre personnes fredonnaient chacune leur partie dans un nombre égal de transmetteurs microphoniques, à peu près comme on le fait dans un mirliton. Chaque transmetteur se compose d'une plaque disposée au fond d'une embouchure et qui vibre à l'unisson du son émis par le musicien. Ces vibrations produisent des interruptions plus ou moins rapides entre la plaque et la pointe d'une vis placée derrière elle, et dont le contact se règle par un bouton.

Chaque récepteur se compose d'un aimant en U, portant entre ses branches deux petits noyaux de fer doux munis chacun d'une bobine et comprenant un intervalle de quelques millimètres. En face de ce vide est placée une petite pièce rectangulaire de fer doux, fixée sur une lame vibrante en sapin de 10 centimètres environ de longueur. Le courant qui passe dans les bobines subit les interruptions périodiques du transmetteur; l'aimantation des noyaux de fer doux varie, et ces changements font vibrer fortement la lame de sapin; un pavillon de laiton, en forme de trompette, renforce le son émis. Chaque transmetteur était placé dans un circuit spécial, comprenant une batterie d'accumulateurs et cinq récepteurs; il y avait donc en tout vingt récepteurs pour les quatre parties.

FANTOME MAGNÉTIQUE. — On nomme *fantômes* ou *spectres magnétiques* les figures qu'on obtient en saupoudrant de fine limaille de fer une plaque de verre ou de carton placée dans un champ magnétique. Les parcelles de limaille s'aimantent par influence et se disposent en files suivant les lignes de forces.

On se sert de ce procédé pour étudier le champ produit par un aimant. Pour cela, on recouvre l'aimant d'une feuille de carton ou d'une lame de verre, qu'on saupoudre de limaille de fer à l'aide d'un tamis. Les grains de limaille s'aimantent par influence et se disposent suivant les lignes de force. La figure 347 montre les spectres obtenus dans les cas les plus importants, à l'aide soit d'un pôle unique, soit d'un ou de deux aimants.

On peut facilement conserver ces courbes, en couvrant d'avance la lame de verre soit d'un mastic transparent qu'on fond ensuite, pour y faire pénétrer la limaille, soit de gomme qu'on ramollit ensuite en l'exposant à la vapeur d'eau ou bien en projetant à sa surface de l'eau réduite en fine poussière par un vaporisateur.

FARAD. — Unité pratique de capacité du système électromagnétique C.G.S.; c'est la capacité qu'un coulomb peut charger au potentiel d'un volt. Le farad vaut 10^{-9} unités électromagnétiques et $3^2 \times 10^{20} \times 10^{-9} = 3^2 \times 10^{11}$ unités électrostatiques C.G.S. de capacité. Le farad étant extrêmement grand, on emploie le plus souvent son sous-multiple, le *microfarad*, qui en est la millionième partie. Voy. Unités.

FARADISATION. — Électrisation par les courants induits (Voy. Électrothérapie, Excitateur, Machine, etc.).

FEEDER. — On entend par *feeder* une canalisation spéciale partant de l'usine de production et alimentant chaque centre de distribution.

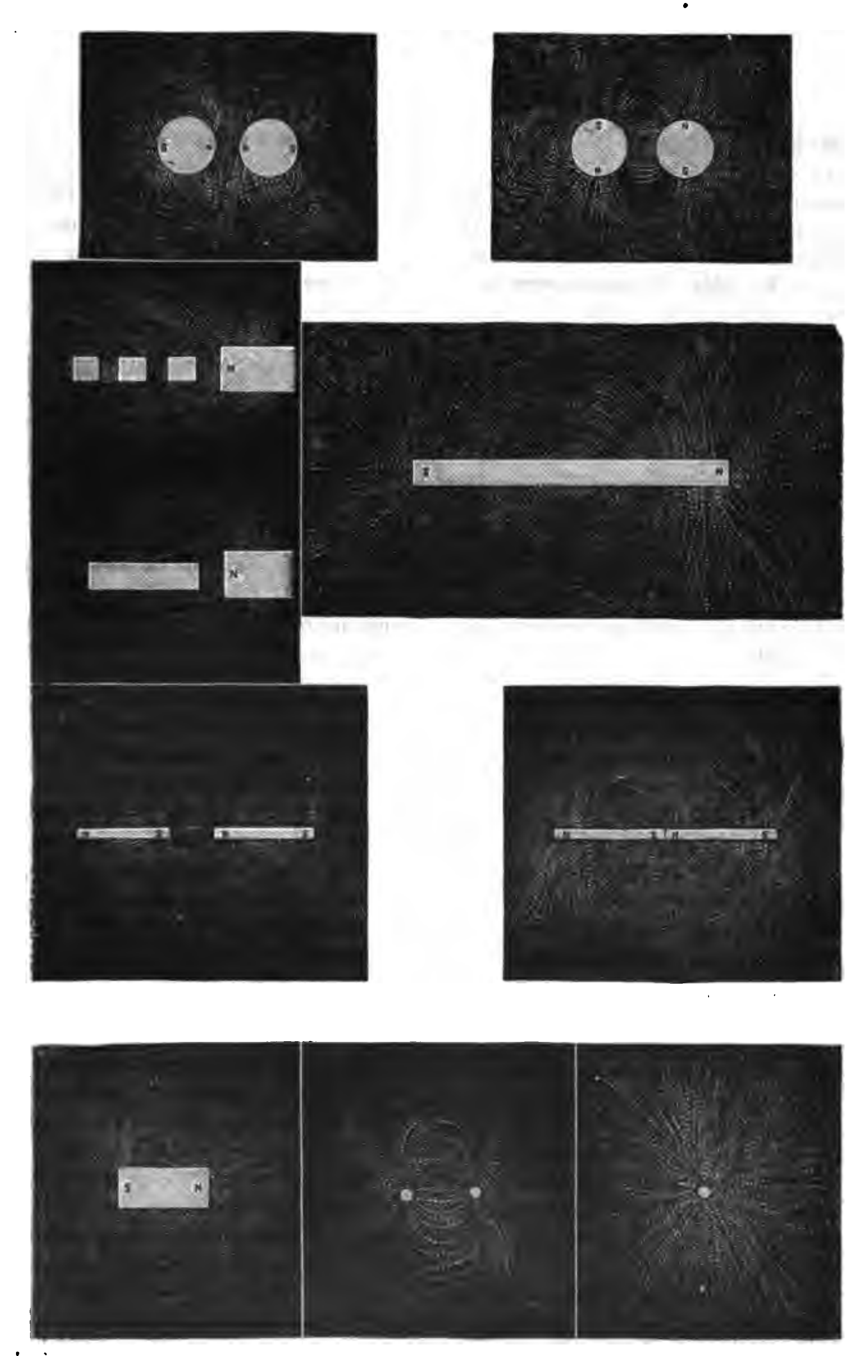


Fig. 347. — Lignes de force magnétique.

A l'aide de rhéostats, on fait varier la pression d'émission dans cette canalisation spéciale, de façon à obtenir une différence de potentiel constante sur les divers points du réseau.

FER A SOUDER ÉLECTRIQUE. — Instrument composé d'une sorte de coin en platine ayant à peu près la forme d'un fer à souder. Il est porté par deux tiges de cuivre dissimulées dans un manche de bois et qui sont reliées aux deux pôles d'une source puissante. Quand on ferme l'interrupteur placé sur une de ces tiges, le fer rougit assez pour permettre de souder des métaux quelconques. Procédé imaginé par M. Boll, de Philadelphie. Nous indiquons plus loin (voy. Soudure) d'autres méthodes.

FER DOUX. — Fer pur et non écroui qui s'aimante et se désaimante instantanément.

FERMER (un circuit). — Établir dans un circuit les communications métalliques nécessaires pour qu'un courant puisse le parcourir.

FERMETURE. — Action de fermer (un circuit).

FERRO-MAGNÉTIQUE (Corps). — Corps attirable par l'aimant. Synonyme de magnétique et de paramagnétique.

FERRURE ÉLECTRIQUE. — Une des applications les plus curieuses de l'électricité est certainement son emploi pour ferrer les chevaux rétifs. Le capitaine de Place se sert pour cela d'une petite bobine de Ruhmkorff, dont on fait

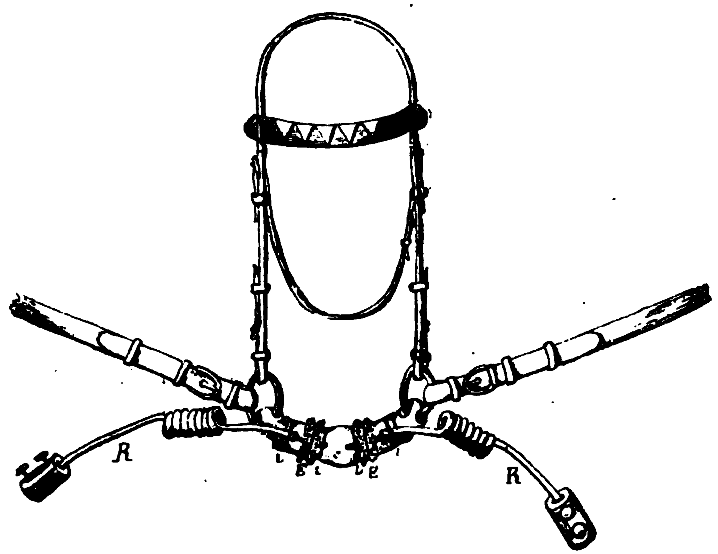


Fig. 348. — Bridon électrique.

passer le courant dans la bouche de l'animal, et qui est alimentée par une petite pile au bichromate de potasse dont on enfonce le zinc plus ou moins profondément, pour graduer l'intensité d'après l'effet produit : pour cela l'aide qui tient la pile observe la physionomie du cheval, ainsi qu'on le voit sur la figure 349. On relie les deux pôles du fil induit au mors brisé du bridon placé dans la bouche du cheval. Ce mors (fig. 348) est aménagé de la façon suivante : les deux conducteurs, dénudés à leur extrémité sur une longueur d'environ 3 centimètres, sont placés en regard sur les deux brisures du filet à 5 ou 6 centimètres l'un de l'autre. Les canons du filet sont préalablement renfermés dans un bout de tube de caoutchouc, fendu dans sa longueur pour l'introduire et fixé sur les canons. Ce tube a pour objet d'isoler les extrémités des conducteurs, qui portent chacune, sous une ligature circulaire terminale de laiton, une petite éponge humide qui, faisant le tour du canon, assure un contact parfait de chaque rhéophore avec la bouche du cheval.

Cette méthode donne d'excellents résultats : elle est simple et facile à mettre en pratique ; la terreur que font naître chez les animaux les décharges électriques est si grande et leur souvenir si vivace qu'en une seule séance le cheval se trouve corrigé à tout jamais, sans qu'il puisse en résulter d'accident pour lui. Que la rébellion au ferrage provienne de la maladresse et de la brutalité des gens qui les mènent à la forge, de la frayeur ou de toute autre cause, les chevaux les plus difficiles sont bientôt vaincus par l'électricité, et la plus énergique volonté doublée du plus bel entêtement cèdent bien vite à quelques rapides inversions de courant.

Avec un cheval qui se défend parce qu'il est irritable par tempérament, nerveux, impressionnable, ce qui arrive aux chevaux de pur sang, il

faut donner la secousse très faible et graduelle avant de chercher à prendre le pied. Le cheval fait alors un bond violent et cherche à se renverser. Il faut suivre le bond pendant qu'un aide maintient le cheval au caveçon, et cess- ensuite l'action du courant. Il n'y a ensuite qu prendre le pied; le cheval ne se défend plus.

Avec certains chevaux gros et lourds, d'u

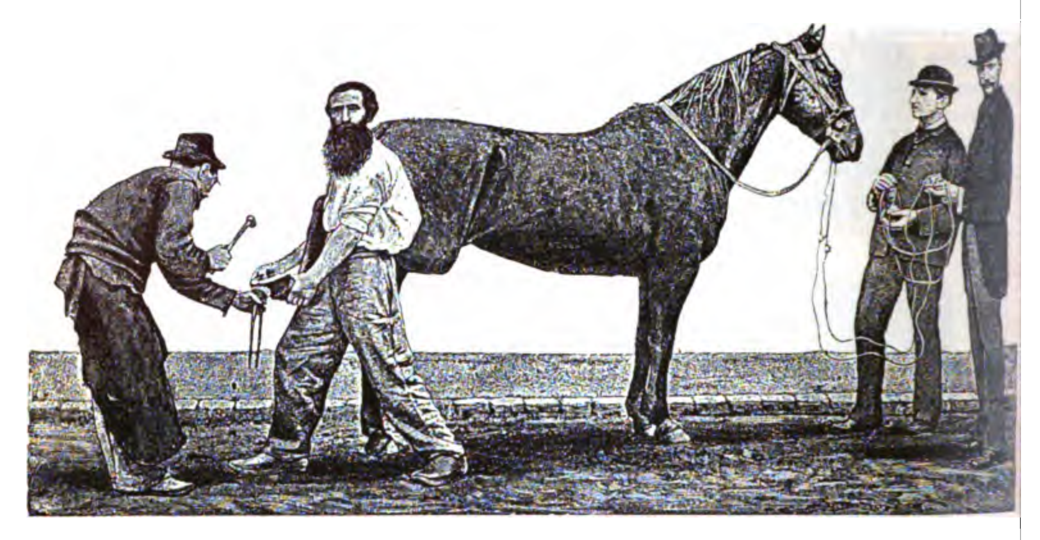


Fig. 349. — Ferrure électrique. Le cheval reçoit l'action du courant (d'après une photographie).

naturel brutal, il faut donner le courant en l'augmentant peu à peu et prendre le pied pendant que l'action se produit. Le plus souvent le passage du courant sur ces chevaux, dont les muqueuses sont moins sensibles, ne donne qu'une position légèrement stupéfiée et con- tractée de la tête, accompagnée d'un léger fré- missement. C'est une jument de cette nature q

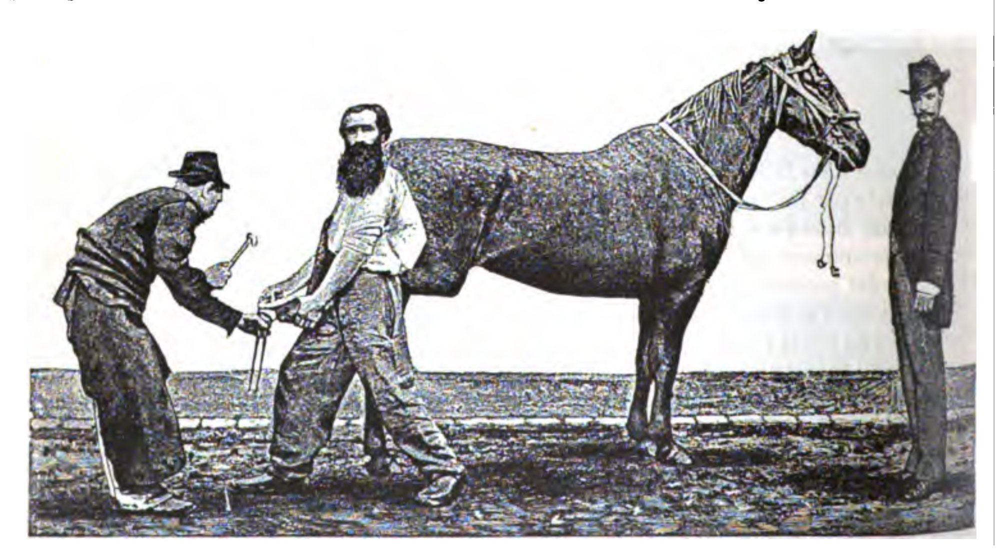


Fig. 350. — Le cheval a cessé de recevoir le courant et se laisse ferrer (d'après une photographie).

est représentée par les dessins ci-joints, exécutés d'après des photographies représentant les expériences du capitaine de Place : cette jument ayant été amenée se défendit d'abord avec rage tant qu'on chercha à lui lever les pieds par la méthode ordinaire; mais à peine le courant eut-il agi pendant une quinzaine de secondes qu'on put lever les pieds, frapper les fers av

le brochoir, etc. La figure 349 montre le cheval soumis à l'action du courant : l'opérateur tient la bobine devant la tête de l'animal et un aide chargé de la pile gradue l'intensité. La figure 350 montre le même cheval qui, après avoir subi pendant quelques secondes l'action du courant, se laisse ferrer avec docilité, sans même être tenu par le bridon : il s'agissait dans ce cas d'un cheval qu'on ne pouvait ferrer auparavant qu'à la plate-longe en lui entravant les pieds, avec mille chances d'accidents pour les hommes et pour lui-même; il fut cependant guéri radicalement par une seule expérience. L'action de la bobine était très faible, peu douloureuse et cependant très désagréable dans la bouche et donnant des sensations de lueurs devant les yeux.

FEU SAINT-ELME OU SAINT-NICOLAS. — Aigrettes lumineuses qui apparaissent quelquefois en temps d'orage sur les objets terminés en pointe, tels que le sommet d'un clocher ou les mâts d'un navire.

FEUILLET MAGNÉTIQUE. — On donne ce nom au système formé d'une lame infiniment mince, ayant sur ses deux faces des couches uniformes et de même densité, l'une de magnétisme nord, l'autre de magnétisme sud.

On nomme *puissance* d'un feuillet le *produit de son épaisseur par la densité superficielle.*

On démontre que le potentiel d'un feuillet en un point extérieur est égal au produit de sa puissance par l'angle solide sous lequel on voit de ce point le contour terminal.

Les propriétés des feuillets magnétiques sont importantes, car on peut toujours assimiler un courant fermé à un feuillet (voy. Électrodynamique).

FIBRE VULCANISÉE. — Substance isolante formée de fibres végétales, moulues, traitées par des agents très puissants et comprimées à une pression énorme; elle se présente sous la forme de plaques ou feuilles de 1,06 m. sur 1,70 m., dans toutes les épaisseurs à partir d'un 1/10 millimètre jusqu'à 32 millimètres; les couleurs sont rouge, gris et noir.

Suivant l'emploi auquel elle est destinée, on la fait *dure* comme l'ébène ou le caoutchouc durci, ou *flexible* comme le cuir ou le caoutchouc souple; il n'entre pas de caoutchouc dans sa composition.

La variété dure remplace l'ébonite comme isolant; la variété flexible est spécialement utilisée dans les applications hydrauliques à la place du caoutchouc ou du cuir, et notamment pour *clapets de pompe*, de *navigation*, de *mines*, de *condensation* et autres.

FICHE. — Bouchon métallique servant à faire communiquer les bandes de cuivre qu'on voit sur les boîtes de résistances et sur certains commutateurs (voy. ces mots).

FIGURES DE LICHTENBERG. — Dessins obtenus en projetant à l'aide d'un petit soufflet un mélange de minium et de soufre en fleur sur un plateau de résine, dont la surface présente des parties électrisées positivement et négativement. En s'échappant du soufflet, le soufre et le minium s'électrisent : le soufre devient négatif et se porte sur les dessins positifs; le minium se charge positivement et va sur les dessins négatifs. Le soufre s'étale généralement en arborescences jaunes finement découpées, tandis que le minium se dispose en traînées rouges, rectilignes, épaisses et présentant souvent l'aspect de gouttes.

Ces figures servent à montrer que les deux armatures d'une bouteille de Leyde ont des électricités contraires: on trace des dessins sur la résine avec les deux armatures, et on projette le mélange de soufre et de minium. La même expérience permet d'étudier les effets des décharges, la propagation de l'électricité à la surface des diélectriques, etc. La figure 351 montre deux apparences obtenues en plaçant à la surface de la résine les deux pôles de la machine rhéostatique de G. Planté. Dans le premier cas, la distance entre les pointes de l'excitateur était trop grande pour que l'étincelle pût éclater; le minium ne s'étend pas jusqu'au pôle négatif, et le pôle positif est entouré d'une couronne de soufre continue à rayons divergents. Lorsque l'étincelle a éclaté, cette couronne est ouverte et le minium s'étend jusqu'au pôle positif lui-même; c'est le cas du second dessin.

FIGURES MAGNÉTIQUES. — Apparences analogues aux fantômes magnétiques, obtenues en promenant le pôle d'un aimant à la surface d'une plaque d'acier, qu'on saupoudre ensuite de limaille de fer. La limaille s'attache aux points qui ont été touchés par l'aimant.

FIGURES RORIQUES. — On donne ce nom aux dessins produits à la surface du verre par le passage des étincelles, et qu'on peut faire apparaître en soufflant sur la surface de façon à la couvrir de buée.

FIL. — On nomme fils, par opposition aux câbles, les conducteurs de petit diamètre qui servent à la construction des dynamos et autres appareils, ou à l'établissement des lignes de faible débit, généralement aériennes (voy. Ligne et Canalisation). Le fil des lignes aériennes

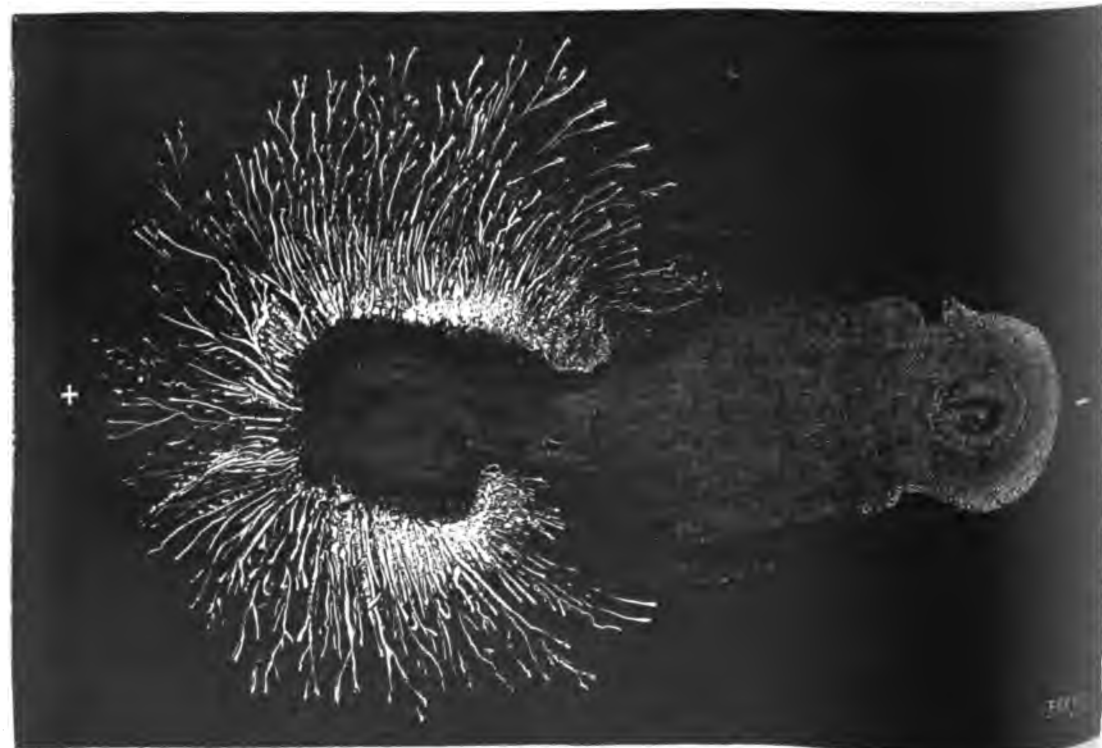


Fig. 351. — Figures de Lichtenberg produites par la machine rhéostatique.

est généralement nu et supporté par des isolateurs en porcelaine disposés sur des poteaux de bois ou de fer. Il est en fer galvanisé, ou en bronze phosphoreux, silicieux ou chromé, ou formé d'une âme d'acier entourée d'une couche de cuivre (*fil compound*).

Les fils recouverts servent à la construction des appareils, aux installations de lignes intérieures (appartements, postes télégraphiques et téléphoniques). Pour les lignes intérieures, on emploie surtout le fil recouvert d'une enveloppe de gutta-percha et d'une couche de coton; les fils de petit diamètre qui servent à la construction des boussoles, appareils télégraphiques, etc., sont généralement couverts seulement d'un guipage de soie; les gros fils servant à la construction des dynamos n'ont qu'un simple guipage de coton. L'enduit de gutta-percha est appliqué à chaud par une presse hydraulique. Les guipages de coton et de soie sont tissés à l'aide d'un métier analogue aux métiers à passementerie. Suivant le degré d'isolement désiré, on peut appliquer successivement deux ou trois couches de fil isolant, en alternant chaque fois le sens de l'enroulement. Deux couches de soie ainsi disposées forment, même sans gutta-percha, un très bon isolant. Le fil ainsi recouvert est souvent passé ensuite dans un bain liquide de bitume de Judée ou de gomme laque pour le préserver de l'humidité (Voy. CABLE et CONDUCTEUR).

Pour les boîtes de résistances, on emploie, au lieu de cuivre, des fils de maillechort ou d'un alliage argent et platine, dont la résistance varie très peu avec la température.

Au lieu de désigner les fils par le diamètre du cuivre nu, on emploie dans le commerce divers procédés de numérotage (Voy. JAUGE).

Fil direct, semi-direct, omnibus. — Dans les télégraphes, on nomme fil direct celui qui relie seulement des postes très éloignés les uns des autres, fil semi-direct celui qui fait communiquer des postes moins éloignés, et fil omnibus celui qui dessert à peu près tous les postes.

Fil fin. — Fil, ordinairement en fer, qui, dans certains modèles de paratonnerres (voy. ce mot), est interposé entre les appareils télégraphiques et la ligne. Si, pendant un orage, un courant violent parcourt la ligne, le fil est brûlé, et les appareils, mis hors de circuit, ne risquent pas d'être détériorés.

Fil de retour. — Fil qui réunit l'une des bornes d'un appareil au pôle négatif de la source. Depuis les expériences de Steinheil (1838), le fil de retour, dans les télégraphes, est supprimé et remplacé par la terre.

Fil de terre. — Fil qui fait communiquer avec la terre l'un des pôles d'une pile ou l'une des extrémités d'un circuit. Cette communication avec la terre doit être parfaitement établie. Dans les laboratoires, on se sert des conduites d'eau ou de gaz.

Dans l'industrie, il est bon de terminer ce fil par une large plaque métallique plongée dans un puits intarissable (et non dans une citerne). Nous reviendrons sur ces précautions en parlant des paratonnerres.

FIL DE SUSPENSION. — Dans les appareils très sensibles (galvanomètres, etc.), on suspend l'aiguille par un fil de soie non travaillé, tel qu'il sort du cocon. Ces fils de cocon ne présentent à la torsion qu'une résistance négligeable, de sorte qu'on peut les tordre de plusieurs circonférences sans qu'ils reviennent sur eux-mêmes. L'aiguille peut donc tourner librement sans que l'action du fil contribue à la ramener au zéro.

Si le fil doit au contraire développer une force antagoniste de torsion, qui tende à ramener l'aiguille au zéro lorsqu'elle s'en écarte (balance de Coulomb, électromètres, etc.), on se sert d'un fil fin d'argent ou mieux d'une suspension bifilaire (Voy. BIFILAIRE), formée de fil de cocon ou de fil d'argent. Les suspensions formées d'un seul fil d'argent ont l'inconvénient de changer sans cesse de structure moléculaire, de sorte que le zéro se déplace constamment. On peut employer aussi des fils de verre.

FILAMENT. — Brin de charbon long et fin qui, dans les lampes à incandescence, est porté à une haute température et devient lumineux.

FILET SOLÉNOIDAL. — On donne ce nom à une série d'éléments magnétiques, disposés en file, leurs axes formant une ligne continue de forme quelconque, et le pôle nord de chacun étant en contact avec le pôle sud du suivant. Les faces en contact ayant des masses égales et contraires, le système peut être considéré comme neutre dans toute son étendue, sauf sur les deux extrémités, qui ont des masses égales et contraires. L'action du filet ne dépend que de la grandeur et de la position de ces deux masses; elle est donc indépendante de sa forme et de sa longueur; elle est nulle si le filet se ferme sur lui-même.

La *puissance* P d'un filet est le produit de sa section par son intensité d'aimantation. Le po-

tentiel du filet en un point situé à des distances r et r' des deux extrémités est

$$P\left(\frac{1}{r}-\frac{1}{r'}\right).$$

FILTRAGE. — Lorsqu'on filtre du mercure à travers une peau de chamois, le liquide s'électrise positivement, et le filtre négativement. Les effets sont d'autant plus énergiques que les pores de la peau sont plus fins.

FILTRE ÉLECTRIQUE. — Plusieurs inventeurs ont construit des filtres dans lesquels détruit les germes malsains par l'oxygène que dégage le courant d'une pile. L'eau traverse des vases dans lesquels plongent des électrodes de charbon reliées à la source d'électricité.

FLACON ÉLECTRIQUE. — Syn. de BOUTEILLE DE LEYDE.

FLAMBEAU ÉLECTRIQUE. — Pour le ballet d'*Ascanio*, représenté à l'Opéra de Paris le





Fig. 352. — Flambeau électrique du ballet d'Ascanio.

21 mars 1890, M. Trouvé a construit un flambeau électrique analogue à ses bijoux lumineux. Les directeurs de l'Opéra désiraient un flambeau léger, de dimensions restreintes, s'alimentant par lui-même pendant 12 à 15 minutes, de façon à supprimer les fils conducteurs, qu'il eût été difficile de dissimuler dans les vêtements de la danseuse représentant Phœbus.

La source employée est une lampe à incandescence (fig. 352), dont les rayons se tamisent à travers des pierreries de diverses couleurs et qui est alimentée par six petits accumulateurs en plomb, du genre Planté, disposés dans le flambeau lui-même, trois à la partie supérieure, les trois autres à la partie inférieure dans le fût. Chaque élément complet pèse 70 grammes, soit en tout 420 grammes. Les électrodes ont 5 centimètres de hauteur sur 7 de longueur, et sont enroulées en spirale

eur distance est, dans chaque élément, de ,5 mm.; chaque couple forme un cylindre de 7 centimètres de hauteur et de 2 centimètres le diamètre.

Le pôle positif est à la partie inférieure du flambeau, le pôle négatif à la partie supérieure. La lampe est reliée d'une façon permanente à ce dernier pôle, et au premier par un bouton commutateur, sur lequel on appuie pour produire l'incandescence.

M. Trouvé a construit en outre un autre flambeau alimenté par des piles au bichromate à renversement. En le tenant la tête en bas, les éléments sont hors du liquide; pour produire le courant, il faut d'abord le redresser, puis appuyer sur le bouton.

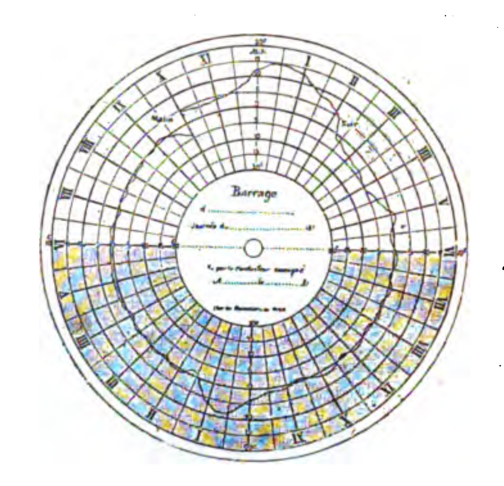
FLUIDE ÉLECTRIQUE. — On expliquait au siècle dernier les phénomènes électriques par l'existence d'un (théorie de Franklin) ou même de deux fluides particuliers (théorie de Symmer), le fluide positif et le fluide négatif. On tend à penser aujourd'hui que ces phénomènes sont dus à l'éther, fluide auquel on attribue également les vibrations calorifiques et lumineuses (Voy. ÉTHER, ÉLECTRICITÉ).

FLUIDE MAGNÉTIQUE. — On attribuait également les phénomènes magnétiques à deux fluides distincts, le fluide austral et le fluide boréal. Les relations nombreuses qui ont été découvertes entre le magnétisme et l'électricité permettent de rattacher l'un à l'autre, et de les attribuer à des manifestations diverses des propriétés de l'éther.

FLUORESCENCE ÉLECTRIQUE. — Fluorescence produite par la lumière de l'arc électrique ou des tubes de Geissler. Exposés à cette lumière, les sulfures alcalins, le verre d'urane, le sulfate de quinine, etc., deviennent lumineux dans l'obscurité.

FLUVIOGRAPHE ou **MARÉGRAPHE.** — Appareil enregistreur destiné à indiquer le niveau de l'eau dans un fleuve ou une rivière ou à inscrire les changements de hauteur dus aux marées. Les mêmes appareils peuvent servir aux deux usages. Dans les fluviographes, l'électricité ne sert souvent qu'à mettre en marche une sonnerie, lorsque le niveau tend à sortir de certaines limites tracées d'avance.

Dans le fluviographe de M. Cheysson, les niveaux sont inscrits sur un disque circulaire (fig. 353), qui tourne autour de son centre en vingt-quatre heures par l'action d'un mouvement d'horlogerie. Sur chaque disque sont imprimés 24 rayons équidistants, qui correspondent aux heures; des cercles concentriques



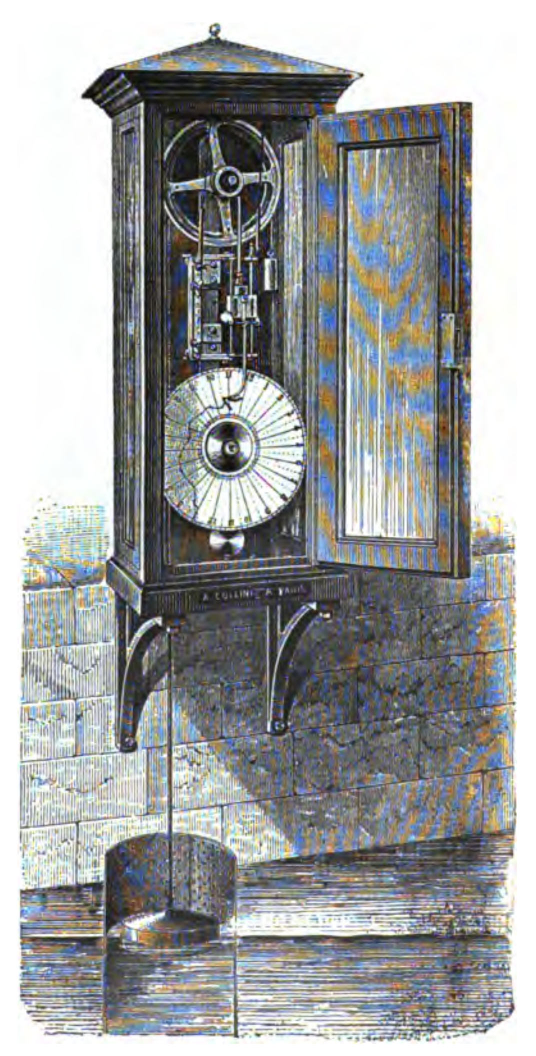


Fig. 353. — Fluviographe à cadran.

indiquent les hauteurs d'eau. Un flotteur, installé dans un puits vertical en communication avec la rivière, est suspendu à un fil qui passe sur une poulie et porte à l'autre extrémité un crayon, qui se déplace suivant le rayon vertical du disque, lorsque le niveau change. Deux contacts mobiles, se fixant à volonté,

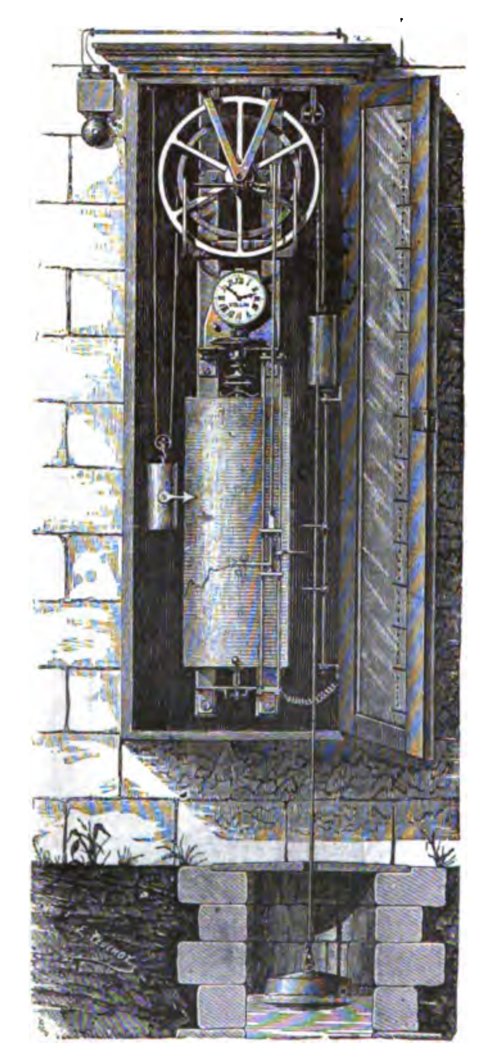


Fig. 354. — Fluviographe à cylindre vertical.

sont rencontrés par le chariot qui porte le crayon, lorsque le niveau de retenue est dépassé, soit en crue, soit en baisse. Ce contact ferme un circuit qui comprend une sonnerie.

La maison Collin construit encore un modèle qui diffère seulement du précédent en ce que l'inscription se fait sur un cylindre vertical recouvert d'une feuille de papier qui fait un tour sur lui-même en sept jours (fig. 354). Des génératrices équidistantes représentent les jours et les heures, et des lignes horizontales correspondent aux hauteurs d'eau. Le crayon est encore fixé à un fil qui passe sur une poulie et porte un flotteur à l'autre extrémité. Des contacts mobiles servent encore à actionner une sonnerie lorsque le niveau sort des limites fixées. Cette sonnerie, qu'on a figurée auprès de l'appareil, est placée en réalité dans la chambre du surveillant.

Lorsque l'appareil sert de marégraphe, le cylindre fait un tour en vingt-quatre heures. Il s'applique à tous contrôles de niveau, et enregistre avec précision tous les mouvements d'eau, coups de mer, houle, passage de bateaux, etc. Le crayon, qui a l'inconvénient de s'user, peut être remplacé par une plume, qui, une fois chargée d'encre, peut fonctionner pendant un mois.

Les appareils précédents fonctionnent notamment à Suresnes, Bougival, Bezons, Boulogne, Calais, Panama, Corinthe, la Réunion, etc.

Dans le fluviographe de MM. Lepaute, le cylindre a son axe horizontal. Le flotteur est suspendu à un fil qui passe sur des poulies de renvoi et porte à l'autre extrémité un curseur se déplaçant parallèlement à l'axe du cylindre, et muni d'un électro-aimant dans lequel le mouvement d'horlogerie lance un courant toutes les 5 minutes.

L'électro agit alors sur une pointe qui fait une piqûre dans le papier du cylindre. En joignant les piqûres par une ligne continue, on a la courbe des niveaux. Deux contacts mobiles peuvent glisser sur une règle parallèle à celle qui porte le curseur; lorsque celui-ci vient les toucher, une sonnerie est mise en branle: ces contacts portent chacun un crayon qui indique sur le cylindre les limites qu'on a fixées.

Dans le fluviographe de M. Macquery, c'est l'électricité qui enregistre les variations de niveau. Le fil du flotteur s'enroule sur une roue dont la circonférence est creusée d'une rainure hélicoïdale : le nombre de tours de la rainure doit être tel que la longueur du fil suffise à tous les changements possibles de niveau. Une double roue isolante, montée sur le même axe que la première, et munie de contacts métalliques, lance un courant dans un premier circuit chaque fois que le niveau a monté de 5 centimètres, et dans un second, chaque fois qu'il a descendu de la même quantité. L'appareil enregistreur est une sorte de récepteur Morse (Voy. TÉLÉGRAPHE), ayant deux électro-aimants,

auxquels aboutissent les deux circuits précédents. Ces deux électros ont leurs armatures fixées à deux leviers dont les extrémités peuvent appuyer sur une même bande de papier. Mais les molettes correspondantes sont garnies, l'une d'encre bleue, l'autre d'encre rouge. Lorsque le niveau baisse de 5 centimètres, un courant traverse le premier circuit; un point bleu s'imprime sur la bande; une hausse de 5 centimètres envoie le courant dans l'autre circuit et produit un point rouge. L'un des cylindres qui entraînent le papier est muni de pointes qui, toutes les dix minutes, percent la bande. On connaît ainsi les intervalles de temps qui séparent les points bleus ou rouges, et il est facile de construire la courbe des variations.

Deux contacts, qui peuvent se fixer sur l'axe du transmetteur, actionnent des sonneries lorsque le niveau tend à sortir des limites déterminées d'avance. Le principal avantage de cet appareil consiste en ce que le récepteur peut être placé à une distance quelconque de la rivière. On peut aussi, en augmentant le nombre des électro-aimants, construire un récepteur qui donnera sur une même bande de papier les indications relatives à plusieurs postes.

FLUX DE FORCE. — Si l'on considère un élément d'une surface quelconque placée dans un champ électrique, on nomme *flux de force* le produit de la surface de cet élément par la composante normale de la force.

Si ds est l'élément considéré, F la force et α l'angle qu'elle fait avec la normale à l'élément, le flux de force est

$$F.ds.\cos.\alpha.$$

Le flux total relatif à une surface quelconque est la somme algébrique des flux relatifs à tous ses éléments.

Théorème de Gauss ou de Green. — *Le flux total de force qui traverse une surface fermée quelconque, placée dans un champ électrique, est égal à la quantité d'électricité comprise dans cette surface multipliée par 4π.*

FLUX D'INDUCTION. — On donne ce nom au produit du flux de force par le pouvoir inducteur k du milieu ambiant. Si un tube de force passe d'un diélectrique dans un autre, le flux d'induction reste constant.

FONTAINE LUMINEUSE. — Appareil donnant un jet d'eau éclairé intérieurement par la lumière électrique. Le principe des fontaines lumineuses est l'expérience suivante de Colladon. Un réservoir plein d'eau (fig. 355) est percé en R d'un orifice d'écoulement et en A d'un orifice plus grand, fermé par une plaque de verre. Les rayons d'une lampe électrique, rendus parallèles par un jeu de lentilles, traversent le réservoir et viennent éclairer le

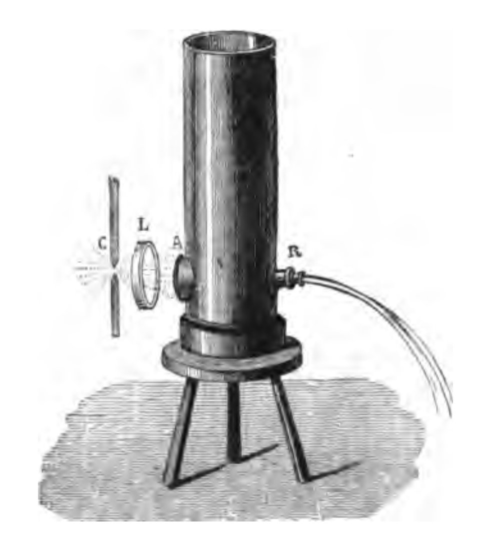


Fig. 355. — Fontaine lumineuse.

commencement de la veine liquide. La réflexion totale les empêche de sortir de l'eau et les force à suivre le jet parabolique, qui paraît illuminé sur une grande partie de sa longueur.

Des applications de ce principe ont été faites souvent pour le théâtre, et une fontaine lumineuse importante, construite par MM. Galloway and sons, de Glascow, obtint un grand succès aux Expositions de Londres, de Manchester et de Glascow en 1886, 1887 et 1888.

C'est ce qui donna l'idée d'installer une fontaine analogue à l'Exposition universelle de 1889. La fontaine Galloway ayant paru insuffisante, on imagina une disposition beaucoup plus importante, que nous allons décrire rapidement.

Un premier bassin contenait une fontaine monumentale représentant le navire de la ville de Paris; des dauphins, des cornes d'abondance et des urnes y donnaient quatorze jets paraboliques ou horizontaux; il y avait en outre deux jets verticaux. De ce bassin l'eau tombait, par une cascade de 40 mètres de largeur, dans une vasque inférieure communiquant avec un bassin rectangulaire de 40 mètres de longueur formant la seconde partie de la pièce d'eau. Cette partie renfermait quatorze gerbes, formées chacune de dix-sept jets verticaux. Enfin l'eau arrivait dans un troisième bassin, de forme octogonale, au centre

duquel était placée la fontaine Galloway, formée de seize gerbes verticales, disposées en deux cercles concentriques autour d'une immense gerbe à double jet.

L'éclairage comprenait dix-sept régulateurs de 60 ampères pour ce dernier bassin et 30 de 40 ampères pour la partie française, ce qui donnait une intensité totale de 35,000 carcels.

Il y avait donc un régulateur pour chaqu

L'éclairage des fontaines anglaises s'ob très simplement. Le tuyau qui amenai formait deux coudes, de sorte que l'a d'écoulement se trouvait placé au-dessus dalle de verre de 0,60 m. de côté, di elle-même un peu au-dessus de la surfa l'eau du bassin. Au-dessous de cette dalle

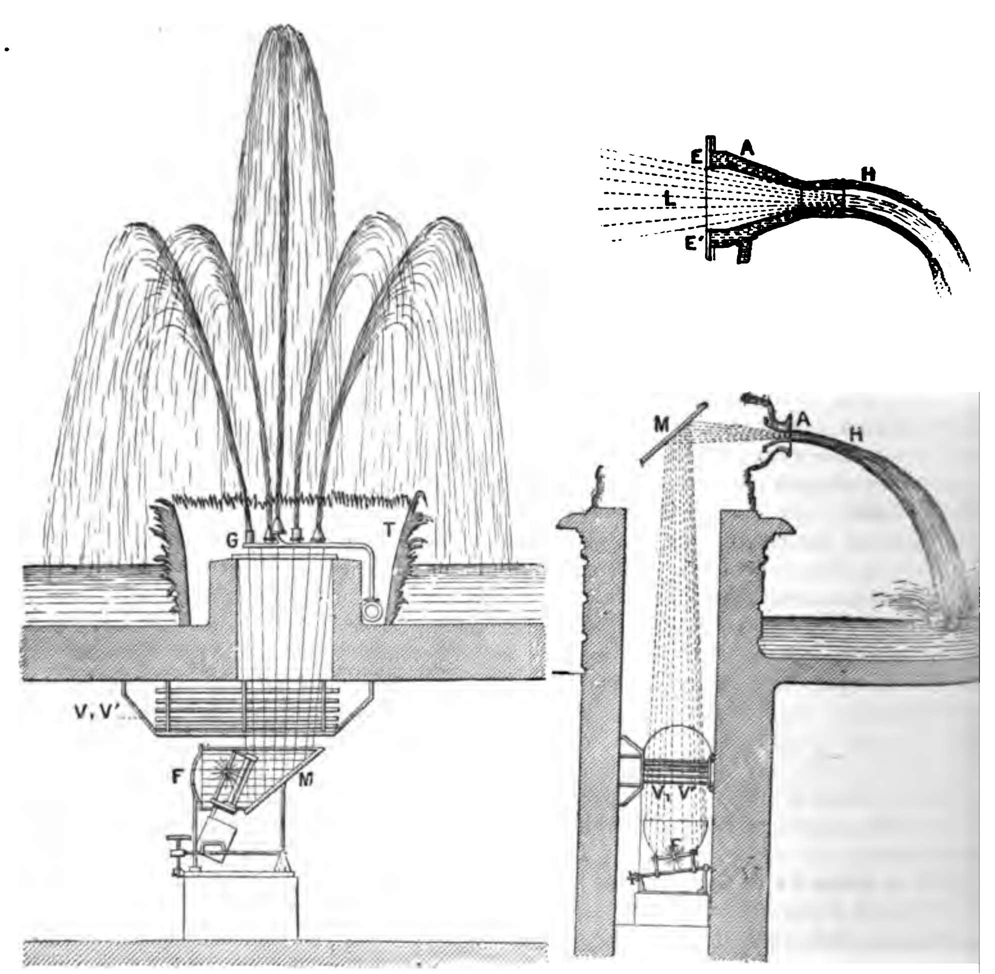


Fig. 356. — Éclairage des fontaines lumineuses.

placé un régulateur à charbons horizontaux, muni d'un réflecteur parabolique en étain, qui était percé d'un petit trou central, pour laisser tomber les cendres, et qui renvoyait les rayons, rendus parallèles, sur la dalle de verre. La pointe du charbon positif était au-dessous de celle du charbon négatif, de sorte qu'en se creusant il réfléchissait la lumière vers le haut. Le réglage des charbons se faisait à la main.

Dans la partie française, les jets verticaux étaient éclairés par un système un peu rent, installé par MM. Sautter, Lemonnier Le régulateur, à charbons verticaux (fig. était à réglage automatique. Un réflecteur rique F renvoyait les rayons horizontalement un miroir plan M, incliné à 45°, qui les verticaux et les projetait sur la dalle de

Enfin l'éclairage des jets horizontaux réalisé par un système analogue à l'expérie de Colladon ; mais, les jets étant beaucoup

gros, on avait trouvé avantage à les rendre creux : l'eau s'échappait donc par des orifices annulaires elliptiques. L'éclairage était fourni par un régulateur placé horizontalement, comme dans le système Galloway. Un réflecteur parabolique renvoyait la lumière verticalement sur un miroir plan M, incliné à 45°, qui la dirigeait suivant l'axe de la veine creuse AH.

Les changements de couleur s'obtenaient très simplement, en interposant sous les dalles transparentes des lames de verre placées dans des châssis et commandées par des leviers analogues à ceux des aiguilles en usage sur les chemins de fer. Un chef d'équipe, placé dans un kiosque à 30 mètres de distance, surveillait l'effet général et commandait les changements de couleur électriquement à l'aide d'une série de boutons en communication avec des tableaux placés dans les chambres souterraines.

FORCE COERCITIVE. — On donne ce nom à la cause inconnue qui fait que l'acier, le nickel, le cobalt s'aimantent plus lentement que le fer doux, mais gardent ensuite l'aimantation qu'ils ont acquise.

FORCE CONTRE-ÉLECTROMOTRICE. — Force électromotrice qui se développe dans certains appareils traversés par un courant en sens contraire de celle de la source ; elle s'oppose à celle-ci et diminue ses effets. Ainsi l'arc voltaïque, les actions chimiques présentent toujours des forces contre-électromotrices.

La source employée pour actionner un appareil doit toujours avoir une force électromotrice supérieure à la force contre-électromotrice que peut développer cet appareil. Ainsi, quelle que soit l'intensité d'un courant, on ne pourra obtenir un arc électrique, si la différence de potentiel ne surpasse pas la force contre-électromotrice de l'arc. C'est ce qui explique pourquoi on ne peut décomposer l'eau avec un seul élément Daniell, la force contre-électromotrice étant 1,49 volt.

Lorsqu'on charge une batterie d'accumulateurs, si la force contre-électromotrice vient à dépasser la force de la dynamo, le courant change de sens et les accumulateurs se déchargent à travers la machine. Il en est de même quand on actionne un moteur ou une dynamo servant de réceptrice.

FORCE ÉLECTRIQUE. — On nomme *force électrique* ou *intensité du champ* en un point la résultante des actions qu'exerceraient toutes les masses agissantes sur une masse égale à 1 placée en ce point.

La force électrique est la dérivée, prise en signe contraire, du potentiel par rapport à la normale à la surface de niveau qui passe par le point considéré. Si le potentiel est constant dans une portion de l'espace, la force y est nulle. C'est ce qui a lieu dans l'intérieur d'un conducteur en équilibre.

Lignes de force. — On nomme ligne de force une ligne tangente en chaque point à la direction de la force. La force étant nulle dans les conducteurs, les lignes de force s'arrêtent normalement à leur surface. Ces lignes sont perpendiculaires aux surfaces équipotentielles (Voy. ÉQUIPOTENTIEL). Quand les lignes de force sont des droites parallèles, les surfaces équipotentielles sont des plans ; la force est constante en grandeur et en direction, et le champ est uniforme.

Tubes de force. — On appelle tube de force une sorte de canal, de très petite section, dont la surface latérale est formée par des lignes de force.

Théorème de Coulomb. — *En un point infiniment voisin de la surface d'un conducteur électrisé en équilibre, la force électrique est égale à la densité électrique au voisinage de ce point multipliée par 4π.*

La direction de la force est d'ailleurs normale à la surface.

FORCE ÉLECTROMOTRICE. — Lorsqu'on réunit par un fil métallique deux conducteurs à des potentiels différents, un courant traverse le fil, allant du conducteur qui a le potentiel le plus élevé à l'autre ; ce courant persiste aussi longtemps qu'une cause quelconque tend à rétablir entre les deux corps la différence de potentiel primitive. Cette différence de potentiel, qui produit le courant, est souvent appelée *force électromotrice*.

Dans une pile, la force électromotrice est égale à la différence de potentiel entre les deux pôles de la pile *ouverte*. Il n'en est plus de même lorsqu'on réunit les deux pôles par un fil ; la différence de potentiel aux pôles diminue, et d'autant plus que le circuit extérieur est moins résistant. On peut facilement s'en rendre compte par une construction graphique. Il en est de même pour les machines d'induction.

Dans le système électromagnétique C. G. S, l'unité de force électromotrice est la force qu'il faudrait maintenir entre les extrémités d'un circuit pour que l'unité de quantité d'électricité développât une unité de travail en passant dans le circuit. Cette unité est à peu près la cent-

millionième partie de la force d'un Daniell. On se sert généralement de l'unité pratique, le *volt*, qui vaut 10^8 unités absolues ; c'est la différence de potentiel qui donne un courant d'un ampère dans un circuit dont la résistance égale un ohm.

Force électromotrice de polarisation. — Voy. POLARISATION.

Mesure des forces électromotrices. — Le procédé le plus simple consiste dans l'emploi des voltmètres (Voy. ce mot) qui donnent la force électromotrice en valeur absolue. Mais ces instruments conviennent surtout aux usages industriels.

Méthode de l'égale déviation. — La table de mesures de M. Desruelles, décrite plus loin (Voy. PONT DE WHEATSTONE et RÉSISTANCE), peut servir à mesurer rapidement la force électromotrice d'une pile. On prend un couple étalon Desruelles, dont la force électromotrice est, d'après l'auteur, exactement égale à 1 volt, et l'on achève le circuit avec un galvanomètre et un nombre de bobines convenable pour que la résistance totale soit exactement 1000 ohms. L'intensité est, en ampères :

$$I = \frac{1}{1000}.$$

On remplace la pile étalon par l'élément étudié dont la force électromotrice est $1 + \lambda$. Pour ramener la déviation à la même valeur, il faut ajouter une résistance égale à $1000\ \lambda$. Donc le nombre d'ohms introduit indique le nombre de millièmes qu'il faut ajouter à 1 pour avoir la force électromotrice cherchée. On opérera de même si cette force est plus petite que 1.

Méthode de M. Latimer-Clark. — La méthode suivante, due à M. Latimer-Clark, donne plus

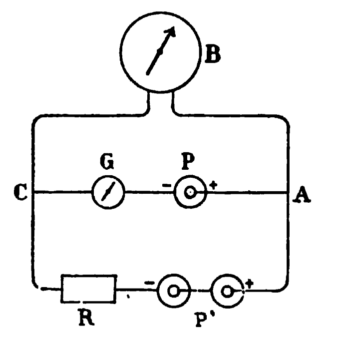


Fig. 357. — Méthode de M. Latimer-Clark.

de précision. La pile P, dont on cherche la force électromotrice, est reliée à une boussole des tangentes B et à un galvanomètre G (fig. 357). Une pile auxiliaire P' est placée de façon que son courant traverse la boussole dans le même sens que le premier et le galvanomètre en sens contraire. A l'aide du rhéostat R, on fait varier l'intensité de la seconde pile jusqu'à ce que le galvanomètre G soit au zéro, et l'on note l'intensité I donnée par la boussole B. L'intensité est nulle dans toute la portion APGC. Si R est la résistance de la boussole et E la force électromotrice cherchée, on a, en appliquant au circuit PABCG l'une des lois des courants dérivés (Voy. ce mot).

$$E = IR.$$

Si I et R sont exprimées en unités absolues, E le sera également. Le fil qui contient la pile P n'étant parcouru par aucun courant, cette pile ne s'use pas et ne risque pas de s'affaiblir ; le seul inconvénient est la nécessité d'étalonner exactement la boussole.

Méthodes d'opposition. — Une méthode souvent employée consiste à opposer la pile considérée à un étalon de force électromotrice connue, de sorte que leurs courants traversent en sens contraire un circuit contenant un galvanomètre ; on amène cet instrument au zéro en modifiant la résistance d'une manière convenable.

On a donné à cette méthode différentes dispositions ; la plus commode est celle de Poggendorff, modifiée par M. Bosscha. Soient P et P' (fig. 358) la pile et l'étalon, montés en

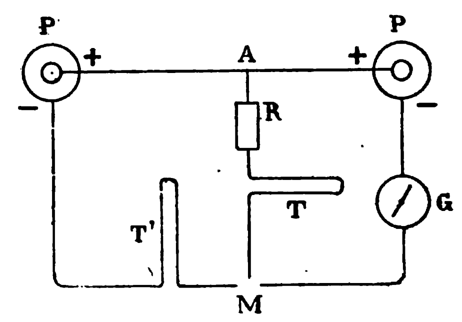


Fig. 358. — Méthode d'opposition.

opposition, G un galvanomètre. On place en A une dérivation contenant un rhéostat R et un rhéocorde de Pouillet T ; un autre rhéocorde est en T'. Au point de croisement M est une clef de Morse, sur laquelle on appuie pour faire passer le courant et voir si le galvanomètre est dévié. On règle le rhéostat R pour amener le galvanomètre au zéro. Soient R et *r* les résistances de AP'GM et de la dérivation ARM, E et E' les forces électromotrices des piles P

et P'; on a, en appliquant les lois des courants dérivés aux circuits P'ARMP' et PARMGP.

$$E' = (R + r) I$$

et

$$E = Ir$$

car, pour ce dernier, l'intensité est nulle dans la portion MGPA. D'où

$$(1) \qquad \frac{E}{E'} = \frac{r}{R + r}.$$

Supposons maintenant qu'on ajoute en T et T', à l'aide des rhéocordes, des résistances a et b, telles que le galvanomètre soit encore au zéro; on aura de même

$$E' = (R + r + a + b) I'$$

et

$$E = (r + a) I'.$$

D'où

$$(2) \qquad \frac{E}{E'} = \frac{r + a}{R + r + a + b}.$$

En combinant avec l'équation (1), il vient

$$E = E' \frac{a}{a + b}.$$

Il suffit donc de lire, sur les rhéocordes, les résistances a et b. Remarquons que E doit être inférieure à la force E' de l'étalon; on emploie, s'il le faut, plusieurs éléments de ce dernier montés en série.

L'étalon employé d'ordinaire est la pile Latimer Clark (Voy. Pile Étalon), dont la force est parfaitement constante et varie peu avec la température. Le galvanomètre G doit être très sensible; on emploie ordinairement un galvanomètre Thomson à réflexion, non astatique, dont la règle divisée est placée en face de l'observateur.

Mesure par l'électromètre. — Dans toutes les méthodes de réduction au zéro, comme la précédente, on peut remplacer le galvanomètre par un électromètre sensible, par exemple l'électromètre capillaire. L'intensité étant nulle dans le fil qui contient l'instrument, il est clair qu'on ne change rien en coupant ce fil pour y introduire l'électromètre; on amène le ménisque mercuriel à être tangent au fil horizontal du réticule.

L'électromètre capillaire peut même servir à déterminer directement les forces électromotrices. Si la force à déterminer est inférieure à $\frac{1}{60}$ Daniell, on attache le pôle négatif au fil α, le pôle positif au fil β, et l'on observe le déplacement du ménisque. S'il est de n divisions, la force électromotrice est $\frac{n}{1680}$ Daniell, car chaque division correspond à $\frac{1}{1680}$ Daniell.

Si la force à mesurer est comprise entre $\frac{1}{60}$ et 1 Daniell, on opère de même, mais on ramène le ménisque au zéro à l'aide de la manivelle V; on lit au manomètre la valeur de la pression et l'on cherche dans la table la force électromotrice correspondante (Voy. Électromètre capillaire).

Enfin si la force électromotriée est supérieure à 1 Daniell, il convient de lui opposer un ou plusieurs éléments étalons, de façon à n'avoir à mesurer qu'une force inférieure à $\frac{1}{2}$ Daniell. En effet, au-dessus de 0,9 Daniell, la sensibilité de l'électromètre va en décroissant.

Mesure à l'aide des condensateurs. — On peut encore mesurer la force électromotrice d'une pile en s'en servant pour charger un condensateur, puis répétant la même opération avec un couple étalon. La table de mesures décrite plus loin (Voy. Mesures) peut servir à cette détermination. On charge le condensateur avec la pile étudiée de force électromotrice E, puis on la décharge à travers le galvanomètre qui indique une déviation α. On opère de même avec la pile étalon de force E', qui donne une déviation α'

$$\frac{E}{E'} = \frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{\sin \frac{\alpha'}{2}}$$

Si les angles sont très petits, on peut écrire

$$\frac{E}{E'} = \frac{\alpha}{\alpha'}.$$

La disposition est celle de la figure 186, et l'on agit comme pour la mesure des capacités; mais on attache successivement les deux piles à comparer aux bornes a et b du commutateur multiple. Si les déviations α et α' sont trop grandes, on peut les réduire en shuntant le galvanomètre.

Enfin nous décrivons plus loin d'autres appareils (Voy. Potentiomètre), qui peuvent servir à mesurer les forces électromotrices.

Forces électromotrices des principaux éléments de piles.

NOMS.	POLE —	LIQUIDE EXCITATEUR.	POLE +	CORPS DÉPOLARISANT.	FORCE ÉLECTROMOTRICE en volts.
Daniell	Zinc amalgamé.	Ac. sulfurique au $\frac{1}{12}$	Cuivre.	SO^4Cu	0.978
Grove	»	»	Platine.	AzO^3H	1.810
Bunsen	»	»	Charbon	»	1.964
Poggendorff	»	»	»	Bichromate.	2.028
Cloris-Baudet	»	»	»	»	2.000
Marié-Davy	»	»	»	SO^4Hg^2	1.524
Warren de la Rue	»	AzH^4Cl	Argent.	AgCl	1.059
Leclanché	»	»	Charbon.	MnO^2	1.481
Gaiffe	»	$ZnCl^2$	»	»	0.916
Reynier	»	NaOH	Cuivre.	SO^4Cu	1.350
Accumulateur de Planté					2.20 à 2.80
Pile thermo-électrique de Clamond.					0.036

FORCE MAGNÉTIQUE. — Action qui s'excerce entre les masses magnétiques. D'une manière plus précise, on nomme force magnétique en un point la résultante des actions de toutes les masses en présence sur une masse positive égale à 1 située en ce point.

Lignes de force. — Lignes continues, tangentes en tous les points du champ à la direction de la force magnétique.

Comme pour l'électricité, ces lignes partent toujours d'une région positive pour aboutir à une région négative, mais, la distribution n'étant plus seulement superficielle, comme sur les conducteurs électrisés en équilibre, elles ne sont pas normales à la surface.

Lorsque les lignes de force sont parallèles, on dit que le champ est uniforme. On peut rendre visible la direction du champ et des lignes de force par l'expérience des *spectres* ou des *fantômes magnétiques* (Voy. FANTOME).

FORCE MAGNÉTIQUE TERRESTRE. — Action de la terre sur un pôle magnétique. Le champ terrestre est uniforme en un même lieu, mais il varie de direction et d'intensité avec le temps, et aussi d'un lieu à un autre. On fixe sa direction en déterminant la déclinaison et l'inclinaison. Nous donnerons plus loin la mesure de l'intensité (Voy. INTENSITÉ).

FORCE PORTATIVE. — La force portative d'un aimant s'évalue par la charge que peut porter son armature. Celle d'un aimant en fer à cheval peut atteindre 20 kilogrammes par centimètre carré.

FOREUSE ÉLECTRIQUE. — Appareil employé pour le percement des mines et dans lequel l'électricité sert à transmettre la force qui fait mouvoir le foret.

FORMULE DE MÉRITE D'UN GALVANOMÈTRE. — On donne ce nom à la résistance du circuit dans lequel il faut faire passer le courant d'un couple Daniell pour produire sur l'échelle du galvanomètre une déviation d'une division.

FOUCAULT (COURANTS DE). — Voy. INDUCTION.

FOUDRE. — Décharge électrique entre deux nuages chargés d'électricités contraires (Voy. ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE). On donne plus spécialement le nom de *tonnerre* au bruit que produit la décharge et celui d'*éclair* (voy. ces mots) à la lueur qui l'accompagne. Lorsque la décharge jaillit entre un nuage et le sol ou un objet terrestre, on dit que la foudre *tombe*. Franklin montra le premier, en 1752, la nature électrique des décharges qui se produisent pendant les orages.

Effets de la foudre. — Les effets de la foudre sont analogues à ceux de nos machines, mais incomparablement plus puissants. Ainsi elle fond et volatilise les conducteurs qu'elle traverse, transporte à distance des masses d'un grand poids, aimante des barreaux d'acier et affole les aiguilles aimantées. Elle enflamme les corps combustibles, provoque la formation d'ozone et d'azotate d'ammoniaque. Enfin elle agit sur les êtres vivants, et peut produire des désordres graves, la paralysie entière ou partielle du corps, et même la mort. Dans ce cas, il peut se produire des lésions apparentes, mais il peut se faire aussi qu'on n'en observe aucune.

Foudre globulaire. — On donne le nom de foudre globulaire ou d'éclair en boule à la foudre qui se présente sous la forme d'un globe de feu, de grosseur variable, traverse. l'atmo-

sphère avec une vitesse variable, rebondit sur la terre comme une balle élastique, se promène parfois sur des matières combustibles sans les enflammer, et disparaît subitement, tantôt sans bruit, tantôt avec une forte détonation, en produisant sur les corps voisins les effets ordinaires de la foudre. Ce phénomène, assez rarement observé, est encore contesté par beaucoup d'électriciens. Les relations qu'on en trouve dans les livres se rapportent le plus souvent à des observations fort anciennes. Nous en citerons quelques exemples plus récents.

« Le 1er juin 1886, à Moha (Belgique), le chef de gare vit, au moment de la décharge, une *boule de feu* monter le long du poteau d'arrêt, muni d'un paratonnerre, situé en face de la gare, suivre le fil des sonneries vers le bâtiment et disparaître au moment où elle atteignait la sonnerie de station vers Huccorgne, sonnerie qui n'a pas été endommagée.

« Le 24 avril 1887, à Mortrée (Orne), éclata entre 3 et 7 heures du soir un orage d'ouest-sud-ouest d'une extrême violence. La foudre pénétra dans une maison par la cheminée et sortit dans la rue en perçant un mur en briques de trois trous, au ras du sol.

« Derrière cette habitation, une personne était dans une étable, et se disposait à traire une vache. Une boule de feu entre par la porte, passe entre les jambes de l'animal et disparait sans laisser de traces et sans causer de dégâts.

« Pendant cet orage, les coups de tonnerre n'étaient pas précédés des roulements habituels : ils éclataient brusquement comme des décharges de mousqueterie et se succédaient à de courts intervalles.

« Le 5 juillet 1832, M. Buchwalder, ingénieur suisse, occupé avec un aide à établir un signal géodésique sur le sommet du Sentis, dans le canton d'Appenzell, à 2,504 mètres au-dessus du niveau de la mer, observa vers 6 heures un orage violent.

« En ce moment, dit-il, un *globe de feu* apparut aux pieds de mon compagnon, et je me sentis frappé à la jambe gauche d'une violente commotion qui était un choc électrique. Il avait poussé un cri plaintif : Ah ! mon Dieu ! Je me retournai vers lui et je vis sur son visage l'effet du coup de foudre. Le côté gauche de sa figure était sillonné de taches brunes ou rouges. Ses cheveux, ses cils, ses sourcils, étaient crispés et brûlés ; ses lèvres, ses narines étaient d'un brun violet : sa poitrine semblait se soulever encore par instants ; mais bientôt le bruit de la respiration cessa. Je l'appelai, il ne me répondit pas. Son œil droit était ouvert et brillant ; il me semblait qu'il s'en échappait un rayon d'intelligence ; mais l'œil gauche demeurait fermé, et, en soulevant la paupière, je vis qu'il était terne. Je portai la main sur le cœur, il ne battait plus ; je piquai ses membres, le corps, les lèvres, avec un compas : tout était immobile : c'était la mort.

« La douleur physique m'arracha à cette fatale contemplation. Ma jambe gauche était paralysée, et j'y sentais un frémissement extraordinaire. J'éprouvais en outre un tremblement général, de l'oppression, des battements de cœur désordonnés.



Fig. 359. — Jet d'eau produit par la foudre.

« J'atteignis avec la plus grande peine le village d'Alt S. Johann. Les instruments avaient été pareillement foudroyés. »

G. Planté, à qui nous empruntons les relations qui précèdent, attribue la foudre globulaire à des décharges de haute tension; il a obtenu, à l'aide d'une batterie de 800 couples secondaires, des effets analogues (voy. Éclair).

Coups de foudre extraordinaires. — La foudre est accompagnée quelquefois d'effets singuliers, dont nous citerons quelques exemples.

« Le 30 juillet 1884, à Ribnitz (Mecklembourg-Schwerin), la foudre étant tombée sur une

habitation, l'une des vitres de la fenêtre d'une pièce située au premier étage fut percée d'un trou étoilé, et, au moment de l'apparition de l'éclair, on constata l'irruption brusque d'une grande masse d'eau qui parut provenir de la surface du sol, s'éleva sous forme de jet vers le plafond et inonda toute la pièce (fig. 359). Ce fait, observé par plusieurs témoins, paraît hors de doute.

« En 1884, Mme Aucher, qui habitait près de



Fig. 360. — Bélier hydro-électrique.

Blois le château de la Sistière, muni de cinq paratonnerres, qui subissent de fréquentes visites de la foudre, a vu de son perron, au moment où un orage éclatait, se produire un éclair accompagné d'un violent coup de tonnerre. La foudre parut tomber sur le paratonnerre de l'une des tourelles et, en même temps, Mme Aucher vit jaillir, à la surface d'un étang situé à une certaine distance, mais en communication avec les chaînes des paratonnerres, un jet d'eau très fin qui s'éleva à une assez grande hauteur. » (G. Planté, *loc. cit.*)

G. Planté a obtenu, au moyen de sa machine rhéostatique, des effets mécaniques tout à fait analogues. Ainsi, en faisant arriver les deux électrodes de la machine rhéostatique *de quantité* dans l'eau salée, il vit se former un véritable jet d'eau continu (fig. 360), formé de gouttelettes extrêmement fines, qui s'élevaient à plus de 1 mètre de hauteur.

FOUR OU FOURNEAU ÉLECTRIQUE. — Voy. Électro-métallurgie (préparation de l'aluminium).

FRANKLINISATION. — Nom par lequel on désigne parfois, en médecine, l'électrisation par l'électricité statique. (Voy. Électrothérapie.)

Les machines employées à la franklinisation doivent posséder une certaine puissance. On se sert ordinairement de la machine Carré, qui craint peu l'humidité; la machine Winschurst nous paraît supérieure à ce point de vue.

Les accessoires nécessaires sont un bon tabouret isolant et quelques excitateurs (Voy. ce mot).

Il est bon de commencer l'application par le bain électrique, et de recourir ensuite à l'emploi des autres procédés, souffle, étincelle, seulement après avoir essayé la sensibilité du sujet.

FRAPPEUR DE CADENCE. — Organe du manipulateur du télégraphe à transmission multiple de Baudot.

FREIN ÉLECTRIQUE. — Frein dont la manœuvre se fait, au moins en partie, par l'électricité. On peut diviser les freins électriques en freins exclusivement électriques, et freins aéroélectriques. Les premiers n'utilisent d'ordinaire l'électricité que pour produire le déclenchement de certains organes; on a essayé dans quelques modèles d'emprunter au courant au moins une partie de l'énergie nécessaire pour enrayer les roues; ces systèmes, que nous décrivons à la fin de cet article, ne sont pas encore entrés dans la pratique.

Nous empruntons la description des principaux systèmes à un rapport de MM. Sartiaux et Weissenbruch au Congrès international des chemins de fer en 1889.

Freins électriques à embrayage. — M. Achard a fait expérimenter, en 1869, un frein dans lequel l'attraction d'un électro-aimant met en mouvement les chaînes destinées à produire le serrage. Cet appareil, modifié plusieurs fois par l'auteur, se compose aujourd'hui d'un électro-aimant cylindrique AA (fig. 361), pouvant tourner autour de son axe et suspendu comme un pendule en face de l'essieu du véhicule. Les surfaces polaires *mn* débordent la bobine à

chaque extrémité, et, lorsque le courant passe, viennent s'appuyer comme des poulies de friction contre une frette annulaire calée sur l'essieu et servant d'armature. Le milieu du noyau sert de treuil à la chaîne B du frein. L'appareil est commandé par une dynamo Gramme placée sur la locomotive et actionnée directement par un moteur Brotherood. Quand on lance le courant, les pièces polaires *mn* viennent se coller sur l'essieu, qui les entraîne dans sa rotation; la chaîne B s'enroule et soulève le levier C, qui commande le frein.

La chaîne qui actionne le levier C passant sur deux poulies de renvoi indépendantes des bielles de suspension, celles-ci reviennent d'elles-mêmes dans leur position verticale et le frein

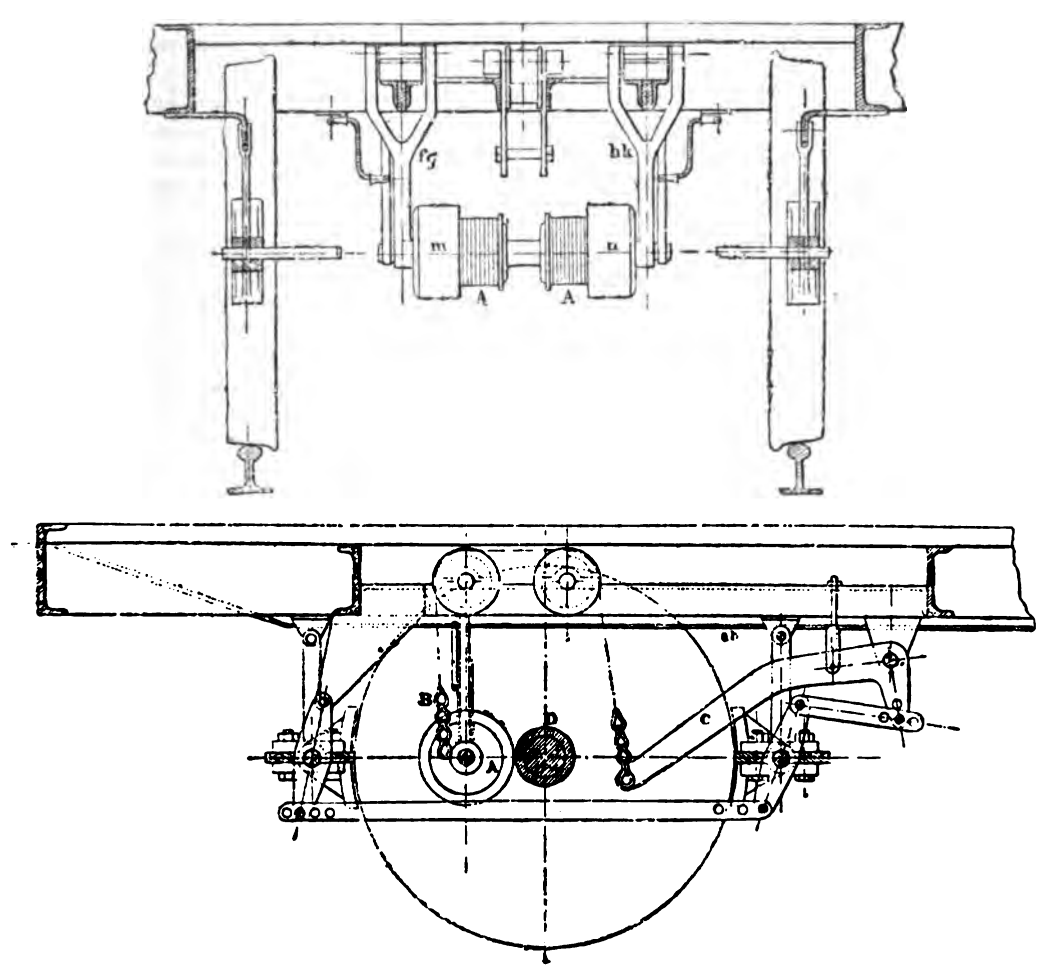


Fig. 361. — Frein Achard, dernier modèle.

se desserre, dès que le courant cesse de passer et que les pièces polaires cessent d'être aimantées. Si on diminue seulement l'intensité du courant, en ouvrant plus ou moins le robinet de prise de vapeur du moteur Brotherood, on peut modérer le serrage, qui est presque proportionnel à l'attraction magnétique de l'électro-aimant.

Le frein Achard, essayé sur le réseau de l'État français, a été placé le premier sous le rapport de l'instantanéité de l'arrêt, de la rapidité du desserrage, et de la modérabilité. L'usure des frettes de friction serait seulement de 1,25 millimètre par an.

Pour avertir le mécanicien de tout dérangement dans la transmission électrique, M. Achard a imaginé un avertisseur qui fonctionne par l'interruption du courant parcourant un troisième fil et mettant en action soit une sonnerie spéciale, soit le sifflet du mécanicien. Le cou-

rant permanent du circuit des avertisseurs est emprunté à la dynamo, qu'on fait tourner constamment à quarante ou cinquante tours par minute.

Les autres freins électriques sont encore, pour ainsi dire, dans la période d'essai. Le frein Park est formé d'une bielle mise en mouvement par un excentrique monté sur l'essieu d'un véhicule, et dont l'extrémité peut, au moyen d'un cliquet, s'engager entre les dents d'un rochet, sur le pourtour d'un tambour en fonte placé sur le côté inférieur de la solive du milieu du véhicule, et qui sert de treuil aux chaînes du frein. Le courant agit sur le cliquet de la bielle et produit l'embrayage du tambour. Un second cliquet empêche le tambour de tourner en sens contraire quand le premier, mû par la bielle d'excentrique, retourne en arrière dans son mouvement alternatif. Quand le courant est interrompu, le premier cliquet cesse d'agir, mais le second maintient le frein serré. Pour le desserrer, on envoie un courant dans un second circuit, afin que le second cliquet cesse d'être en prise avec les dents du rochet.

Le frein Card et le frein Waldumer sont fondés sur le principe suivant. On lance un courant électrique qui, sous chaque véhicule, force deux tambours à embrayer l'un avec l'autre. L'un de ces tambours reçoit d'un des essieux, par une chaîne sans fin, un mouvement de rotation continu; l'autre porte la chaîne du frein. Quand l'embrayage se produit, ce dernier se met à tourner, et la chaîne s'enroule et applique le frein. Le frein Card est mû par deux accumulateurs placés en opposition, l'un en tête du train, l'autre en queue. Le frein Waldumer est excité par une dynamo en série à anneau Gramme, placée sur la machine et mise en marche par un moteur à trois cylindres, alimenté par la vapeur de la locomotive.

Le frein Widdifield et Bowman est encore un frein exclusivement électrique.

Freins aéro-électriques. — M. Westinghouse avait ajouté à son frein ordinaire trois valvés électriques permettant à l'air comprimé de la conduite générale de s'échapper plus rapidement que lorsqu'il n'a d'autre issue que le robinet du mécanicien. Ce système, qui s'est montré supérieur à la disposition ordinaire pour l'arrêt des trains longs, a été abandonné par son auteur, qui est revenu aux procédés non électriques.

M. Eames a également modifié son frein ordinaire en appliquant à chaque véhicule un orifice qui s'ouvre électriquement, et par lequel l'air rentre dans la conduite générale pour produire le serrage, au lieu de rentrer uniquement par la valve de la machine.

Enfin, dans le frein Carpenter, chacun des distributeurs est actionné directement par l'électricité. Chaque distributeur se compose de deux valves : l'une, manœuvrée à volonté par l'électricité ou par l'air de la conduite générale, serre les freins en admettant l'air comprimé du réservoir auxiliaire au cylindre du frein; l'autre, manœuvrée uniquement par l'électricité, desserre les freins. La valve de serrage n'entre en jeu d'elle-même que dans le cas d'un accident ou d'une rupture d'attelage. Le courant est fourni par un petit accumulateur Julien, placé sur la machine. Le conducteur est à deux fils isolés et le retour se fait par le métal de la conduite générale.

Déclenchement électro-automatique du frein continu à vide. — Nous signalerons enfin la disposition employée par la Compagnie du Nord pour déclencher automatiquement le frein continu à vide, lorsqu'un train vient à franchir sans s'arrêter, par inadvertance ou en temps de brouillard ou pour toute autre cause, un disque mis à l'arrêt absolu.

Ce système a remplacé le sifflet électro-automoteur. L'appareil, qui figurait à l'Exposition de 1889, était installé à cette époque sur 789 machines; 1000 disques environ étaient munis du contact fixe servant à actionner l'appareil, et qu'on nomme *crocodile.*

L'appareil de déclenchement, étudié par MM. E. Delebecque, Lartigue et Bandérali, comprend un électro-aimant Hughes, maintenant en contact une armature de fer, qu'un puissant ressort antagoniste tend à séparer de ses pôles. Si un courant de sens convenable désaimante l'électro, l'armature, devenue libre, obéit au ressort. Cette armature est fixée à l'extrémité d'un levier repoussé en son milieu par un ressort antagoniste, et articulé à une tige dont l'extrémité sort de la boîte et accomplit, au moment du passage du courant, un parcours de 1 centimètre avec une force de 4 kilogrammes environ.

L'appareil mécanique du déclenchement se compose d'une fourchette portant un plan incliné, qui soutient le levier de la valve d'entrée de la vapeur dans l'éjecteur du frein à vide; la fourchette est maintenue par une tige horizontale appuyée, à l'autre extrémité, contre un buttoir. Le mouvement vertical de la tige de la boîte de déclenchement entraîne la tige horizontale au-delà de son buttoir et permet à la fourchette de déclencher le levier de la valve à vapeur, qui s'ouvre alors et serre le frein.

Les deux sorties du fil de l'électro-aimant sont reliées, l'une à la terre par les pièces métalliques de la machine, les roues et les rails, et l'autre à une brosse métallique isolée, formée d'un faisceau de fils de bronze et placée sous la machine, dans l'axe de la voie, à quelques centimètres au-dessus du niveau des rails. Lorsque le train franchit un disque mis à l'arrêt, le crocodile communique avec le pôle positif d'une pile, dont l'autre pôle est au sol; la brosse, en frottant sur le crocodile, ferme le circuit, et le courant passe dans l'électro-aimant.

L'appareil de déclenchement permet aussi de mettre le frein sous la dépendance du chef de train. Dans ce but, on a prolongé jusqu'à la machine la communication électrique Prud-

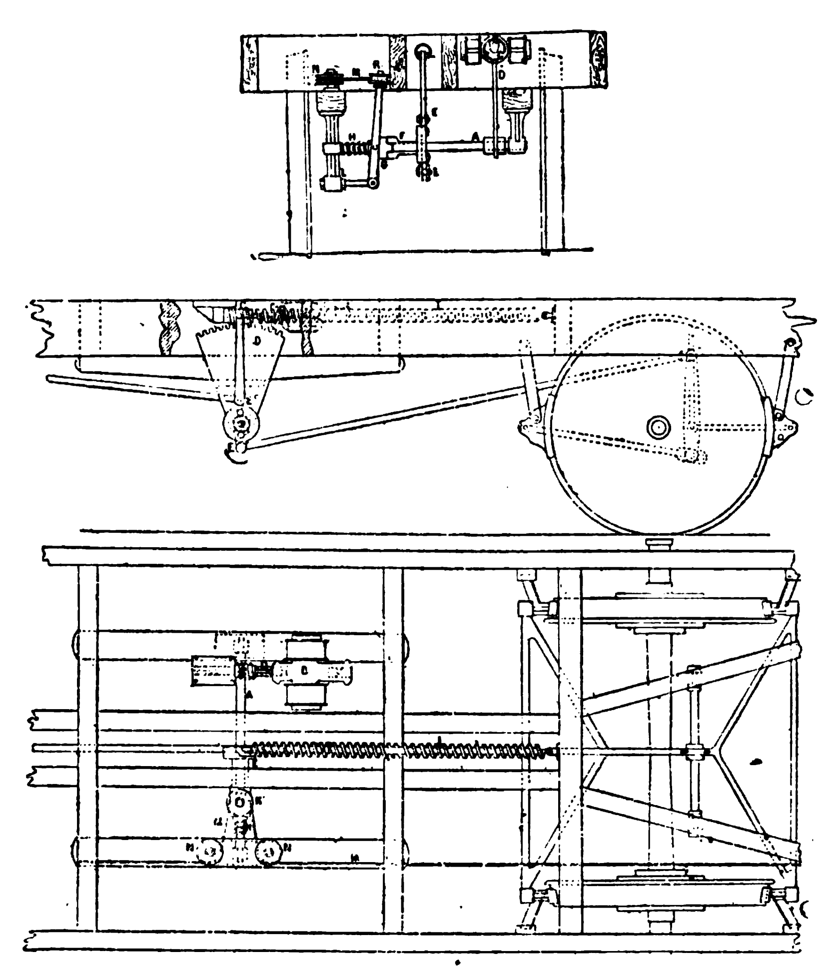


Fig. 362. — Frein Siemens et Bootby.

homme existant sur le train (Voy. INTERCOMMUNICATION), et on a installé, dans chaque fourgon, un commutateur spécial permettant d'envoyer dans l'électro-aimant de l'appareil de déclenchement électrique un courant de sens convenable pris sur la pile des sonneries du train.

Freins électriques à action directe. — Les appareils précédents utilisent un courant de faible intensité et de faible voltage, qui a seulement pour but le déclenchement de certains organes. Quelques inventeurs ont cherché à appliquer aux freins le principe de la transmission électrique de l'énergie, en empruntant à un courant de haute tension tout ou partie de l'énergie nécessaire pour enrayer les roues. On a même tenté sans succès d'employer des électro-aimants dont les pôles adhéreraient aux bandages ou aux rails.

Le frein Sigmund von Sawiczeski, qui produit le freinage par l'action directe d'électro-

aimants sur les bandages des roues, ne donne qu'un serrage très insuffisant, comme il résulte des essais faits en 1884.

Le frein W. Siemens et Bootby a été essayé en Écosse et a donné, dit-on, de bons résultats. Sous chaque voiture est placée une dynamo réceptrice B (fig. 362) qui actionne par une vis sans fin C un secteur D calé sur l'arbre A des leviers EE' des freins. Ces leviers sont calés sur un manchon d'embrayage FF ou sur l'arbre tant qu'il n'est pas embrayé par la griffe G. Le levier E' est relié par son prolongement au ressort I qui tend à serrer les freins. Si la corde d'intercommunication M, qui règne sur toute la longueur du train, vient à se tendre, par exemple par une rupture d'attelage, elle agit par l'intermédiaire du mouflage NK'N sur le levier L, qui débraye le manchon F, et le ressort commence à serrer les freins. La dynamo achève le serrage automatiquement ou à volonté, dès qu'en serrant la corde on laisse l'embrayage G se refaire. Pour desserrer, on fait tourner les dynamos réceptrices en sens contraire, sans changer le sens de la génératrice, grâce à une distribution convenable du courant.

M. Sartiaux, ingénieur du chemin de fer du Nord, a proposé d'installer sur chaque wagon une petite dynamo servant de serre-frein et actionnée par un moteur placé sur la locomotive.

M. Marcel Deprez a étudié deux systèmes de freins, qui n'ont pas encore fait l'objet d'essais industriels. L'un est basé sur l'emploi d'un solénoïde commandant une bielle qui agit sur deux sabots. L'autre est formé par de puissants électro-aimants dont les pôles s'épanouissent en regard d'un fort disque de cuivre calé sur l'essieu du wagon. Quand on lance un courant dans l'électro, les courants de Foucault, qui prennent naissance dans le disque de cuivre, tendent à arrêter le véhicule.

FRICTION ÉLECTRIQUE. — Franklinisation produite en promenant un corps électrisé à petite distance de la peau, couverte de flanelle.

FUSIL ÉLECTRIQUE. — Bazin songea le premier, il y a plus de vingt-cinq ans, à employer l'électricité à la déflagration de la poudre dans les armes à feu. La source d'électricité était une petite pile, qui ne pouvait fournir qu'un petit nombre de décharges, à cause de sa polarisation rapide.

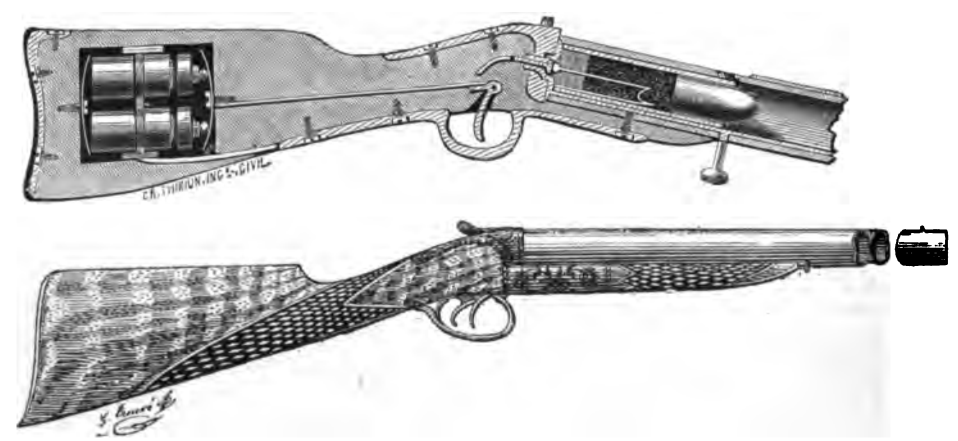


Fig. 363. — Fusil électrique Trouvé.

M. Trouvé a imaginé aussi en 1867 un fusil dont la crosse contient deux couples hermétiques au sulfate mercurique (fig. 363). Le liquide ne baigne pas les éléments lorsque le fusil est vertical, mais seulement lorsqu'on met en joue. En pressant la détente, on relie ces piles à un fil fin de platine placé à l'avant de la cartouche et qui devient incandescent, provoquant ainsi l'inflammation de la poudre. Ce système donne un tir assez rapide.

Enfin M. Pieper a présenté à l'Exposition de Vienne (1883) un fusil électrique alimenté par un petit acumulateur, qui se place dans la poche et peut rester chargé pendant quinze jours.

L'un des pôles est relié directement avec le mécanisme de fermeture du canon et de là avec l'enveloppe métallique et une cloison également métallique de la cartouche. L'autre communique avec une baguette isolée placée dans la crosse (fig. 364) par l'intermédiaire d'un

tissu métallique qui recouvre l'épaule du tireur.

L'autre extrémité de cette baguette touche une seconde tige pouvant, au moyen de la détente, être mise en communication avec une broche métallique, qui remplace l'amorce dans l'étui de la cartouche, traverse la poudre et vient aboutir assez près de la cloison métallique pour que l'étincelle jaillisse, la communication étant établie d'autre part. L'accumulateur peut fournir dix mille coups sans être rechargé.

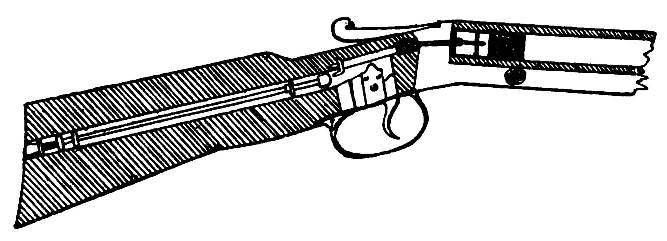


Fig. 364. — Fusil électrique Pieper.

Ce fusil présente néanmoins quelques inconvénients : le mode d'inflammation en avant de la poudre, qui n'est pas complètement brûlée avant la sortie du projectile, la complication du mécanisme et la nécessité de recharger l'accumulateur. Il a l'avantage de ne pouvoir partir accidentellement, puisqu'il faut épauler pour faire feu.

FUSION PAR L'ÉLECTRICITÉ. — La décharge d'une batterie peut fondre un fil de métal fin, mais la chaleur de l'arc voltaïque peut fondre des masses métalliques plus considérables. Davy l'a constaté le premier. On essaye aujourd'hui d'appliquer ce procédé à la métallurgie et à la soudure directe des métaux (Voy. ÉLECTROMÉTALLURGIE et SOUDURE).

G

GALVANATYPIE. — Mot qui signifie galvanoplastie faite sans moule. Procédé imaginé par M. Juncker fils, et dont les détails sont en grande partie tenus secrets.

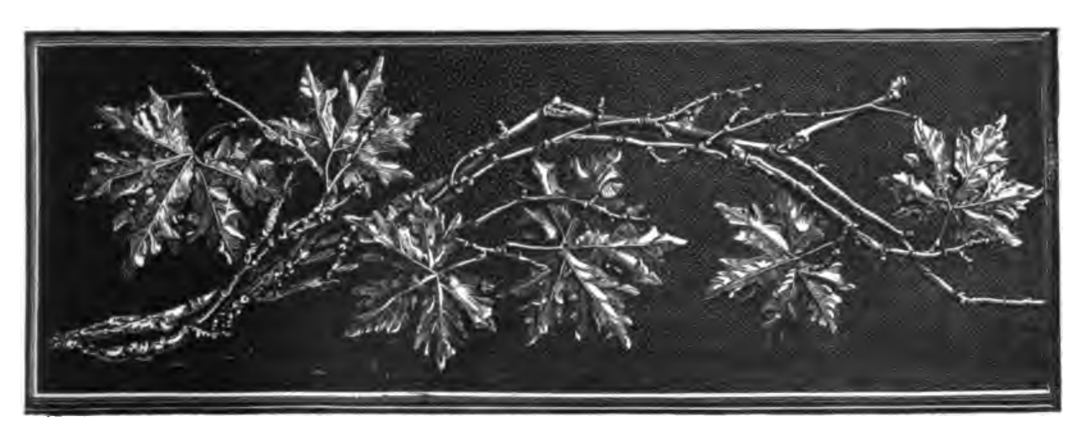


Fig. 365. — Galvanatypie.

Les objets qu'on veut reproduire, statuettes, feuilles, fruits, branchages, insectes, etc., sont disposés de manière à produire l'effet désiré, puis on métallise leur surface, soit à la plombagine, soit, pour les objets plus délicats, par une solution de nitrate d'argent qu'on réduit

ensuite par l'action de la lumière ou de l'acide sulfhydrique. On recouvre alors d'un mince dépôt de cuivre galvanique toutes les parties qui doivent être vues, et l'on enlève ensuite avec précaution les objets ainsi recouverts, soit par fragments, soit plutôt en les brûlant, puis on coule à leur place, pour renforcer la pellicule de cuivre, un métal ou un alliage suffisamment fusible. Il est évident que les parties très minces, comme les feuilles, doivent être disposées de façon à n'être vues que d'un côté, afin qu'on puisse les renforcer par derrière. On obtient ainsi des pièces rigides, sonores comme le bronze, qui conservent toutes les puretés et les finesses du modèle, n'exigent aucune retouche, et peuvent se river et se souder facilement, ce qui permet de les employer à toute espèce de décoration. Les figures 365 et 366 montrent les beaux effets qu'on peut obtenir par ce procédé.



Fig. 366. — Galvanatypie.

GALVANIQUE. — Qui a rapport au galvanisme ou à la galvanoplastie.

GALVANISATION. — Électrisation par les courants continus. (Voy. Électrothérapie.)

GALVANISER. — Electriser par les courants continus.

GALVANISME. — Syn. d'électricité dynamique.

GALVANO. — Abréviation par laquelle on désigne les objets en cuivre obtenus par la galvanoplastie, notamment les reproductions galvaniques des bois employés pour l'illustration des livres. Voy. Electrotypie.

GALVANOCAUSTIQUE CHIMIQUE. — On nomme *galvanocaustique chimique*, *galvanopuncture*, *électropuncture* ou *électrolyse* la cautérisa-

tion produite par l'action chimique du courant. Le dénomination d'électropuncture est moins juste que la première, car on ne fait pas toujours usage d'aiguilles dans cette opération. Pendant la galvanisation, les acides et les bases qui se déposent, les premiers au pôle positif, les secondes au pôle négatif, peuvent produire des eschares tout à fait semblables à celles que donnerait l'action directe des acides sulfurique ou azotique d'une part, de la potasse ou de la chaux d'autre part. L'action de l'électricité a de plus l'avantage d'être très rapide et de supprimer l'emploi de médicaments d'un dosage toujours difficile. Les eschares obtenues au pôle négatif sont molles et donnent une cicatrice généralement préférable; celles du pôle positif

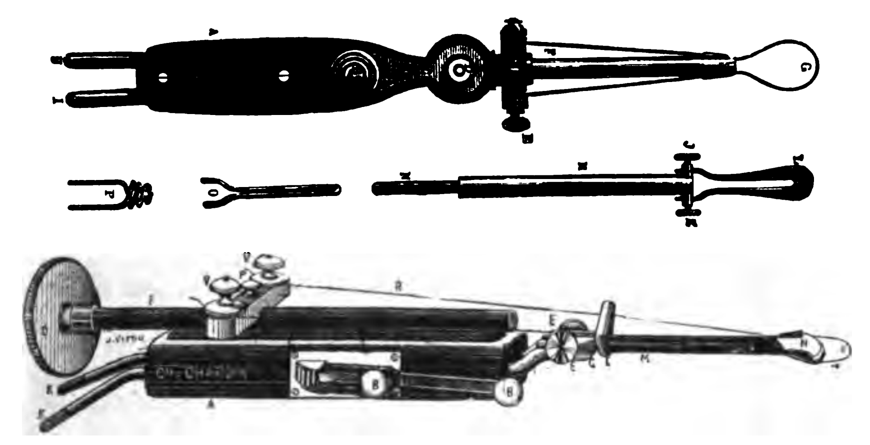


Fig. 367. — Anses galvaniques (Trouvé et Chardin).

sont sèches, dures et rétractiles. L'action des liquides dégagés à ce dernier pôle fait coaguler la fibrine et l'albumine : de là l'application de l'électropuncture au traitement des anévrysmes.

Toute pile peut servir à l'électropuncture. La résistance dans ce cas atteint rarement 500 ohms; on peut donc obtenir un courant de 60 milliampères avec 18 éléments au bisulfate de mercure. Par conséquent les piles médicales disposées pour la galvanisation peuvent parfaitement servir pour l'électropuncture, sans qu'il y ait besoin d'ajouter de nouveaux éléments.

Cependant on fait usage quelquefois d'intensités plus élevées, qui peuvent aller jusqu'à 300 milliampères: il faut alors 125 éléments au bisulfate de mercure.

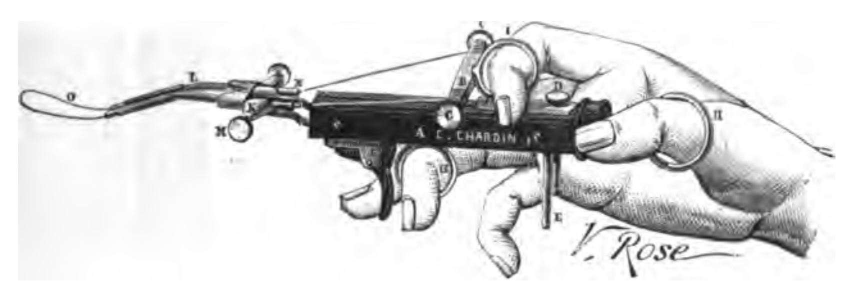


Fig. 368. — Petite anse galvanique (Chardin).

Dans la galvanisation, on emploie ordinairement des électrodes construites de manière à éviter que l'action chimique se produise dans la peau; ici, au contraire, il est préférable de recourir, au moins pour le pôle dont on veut utiliser l'action, à des électrodes métalliques nues, pour concentrer l'action électrolytique sur le point qu'ou veut cautériser. Ces électrodes sont le plus souvent des aiguilles d'acier ou d'or; pour les anévrysmes, elles doivent être enfoncées profondément, et par conséquent, il est bon de les vernir sur la plus grande partie de leur longueur, sauf à l'extrémité. Quant au pôle dont on ne veut pas utiliser l'action, il doit être constitué par une large

plaque métallique recouverte d'amadou et de peau humide pour éviter les effets de l'électrolyse, ou par une large couche de terre glaise humide. Nous indiquons au mot EXCITATEUR les différentes formes d'appareils usitées pour l'électropuncture.

La galvanocaustique chimique présente de nombreuses applications. Nous avons déjà cité le traitement des anévrysmes. Nous indiquerons encore le procédé désigné par le Dr Tripier sous le nom de *cautérisation tubulaire*, et qui permet de pénétrer dans une cavité sans employer les instruments tranchants. Elle s'effectue avec une tige implantée dans les tissus ou introduite par la canule d'un trocart dans leur profondeur.

GALVANOCAUSTIQUE THERMIQUE. — Cautérisation produite par un fil de platine porté au rouge par un courant.

On emploie des cautères de différentes formes, suivant l'opération à effectuer et le point où l'on doit les appliquer (Voy. GALVANOCAUTÈRE). Ces cautères sont ordinairement alimentés par une pile à grand débit, par exemple une pile au bichromate; un rhéostat permet de maintenir l'appareil exactement à la température voulue. La nécessité d'employer une pile est le plus grand inconvénient de cette méthode; encore est-il possible, dans les installations hospitalières, de remplacer la pile par une petite machine magnéto-électrique.

Fig. 369. — Cautères divers.

Le cautère électrique offre en revanche de nombreux avantages; il peut prendre les formes les plus variées et se réduire même à un simple fil plus ou moins long; il peut être introduit froid au point qu'on veut cautériser, et porté ensuite à la température voulue sans danger de brûler les parties voisines; on peut enfin arrêter son action instantanément et le retirer froid comme il est entré. Sa température peut du reste être graduée à volonté en intro-

duisant dans le circuit une résistance convenable. Enfin l'emploi d'instruments chauffés au rouge supprime les hémorrhagies inévitables avec les intruments tranchants.

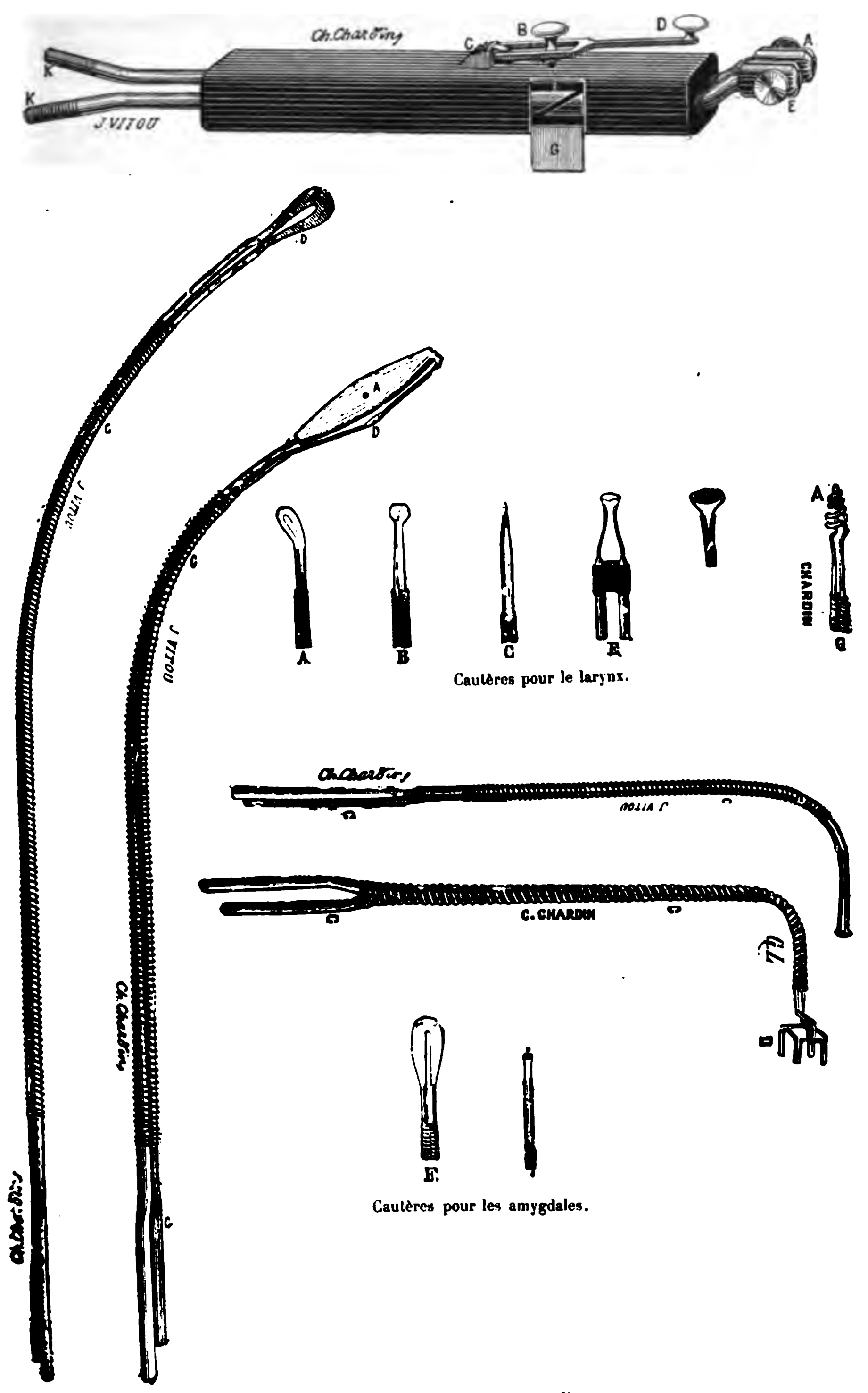
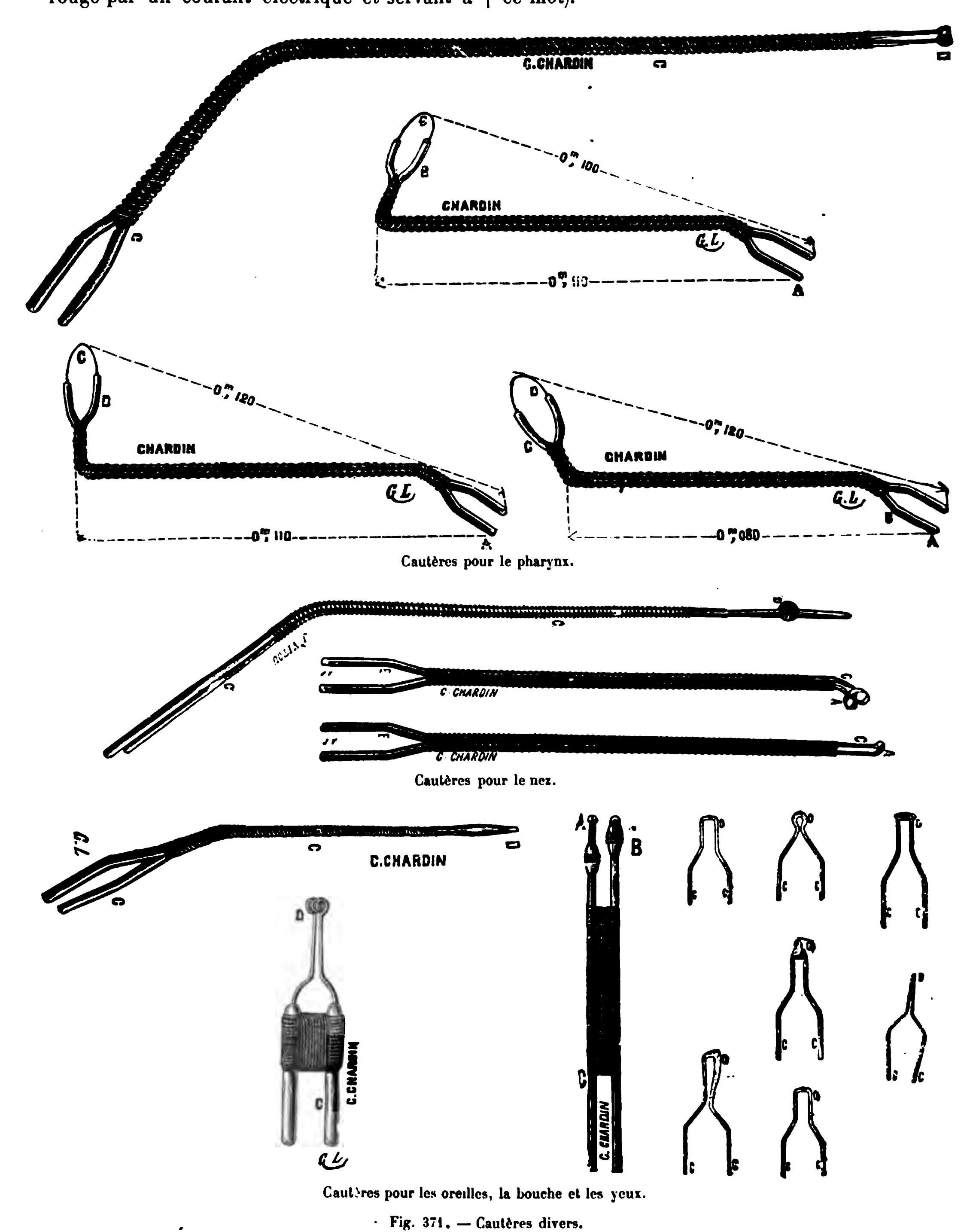


Fig. 370. — Manche isolant et cautères divers.

GALVANOCAUTÈRE. — Cautère porté au rouge par un courant électrique et servant à pratiquer la galvanocaustique thermique (Voy. ce mot).



Cautères pour le pharynx.

Cautères pour le nez.

Cautères pour les oreilles, la bouche et les yeux.

Fig. 371. — Cautères divers.

Les cautères galvaniques prennent des formes différentes, suivant les opérations auxquelles ils sont destinés. Le plus souvent, ils se fixent sur un manche isolant, aux extrémités de deux

fils de cuivre qui traversent le manche dans toute sa longueur et reçoivent les rhéophores à l'autre bout : un interrupteur, placé sur le trajet d'un de ces fils, permet de faire passer le courant au moment voulu.

L'anse galvanique (fig. 367) sert à l'ablation des polypes, tumeurs, etc., dont la base peut être entourée par un fil de platine. On serre d'abord le fil jusqu'à entourer étroitement la base de la tumeur, puis on appuie d'instant en instant sur l'interrupteur pour faire rougir le fil, et l'on diminue à chaque cautérisation le contour de la boucle. Avec l'anse de M. Chardin, on tourne le bouton D qui attire la pièce P, à laquelle sont fixés les deux bouts du fil de platine.

Dans celle de M. Trouvé, on enroule le fil autour du treuil E ; dans ce modèle, on peut remplacer le fil G par l'anse coupante L, l'aiguille O ou le cautère ponctué P.

La petite anse (fig. 368) peut remplacer la précédente dans les petites opérations : elle se manœuvre d'une façon analogue, mais avec une seule main. On tire le fil avec l'index par l'intermédiaire du chariot B et l'on fait passer le courant au moyen de la pédale F.

La figure 369 montre divers cautères qui se fixent sur un même manche. Les deux premiers servent à cautériser le larynx, l'arrière-bouche ou le col utérin. Le troisième est un cautère très effilé pouvant servir à l'épilation des cils et à l'opération des tumeurs érectiles de petit volume. Le quatrième est destiné à l'application des pointes de feu, et le cinquième à l'ouverture de petits abcès ou à la cautérisation de cavités étroites et profondes (fistules par exemple). Enfin le dernier est un petit couteau destiné à ouvrir les collections purulentes ou à pratiquer la cautérisation transcurrente.

La figure 370 représente un manche isolant dans lequel une petite ouverture, fermée par un guichet d'ivoire G, laisse voir l'interrupteur, et permet au besoin de le nettoyer : la pédale D commande cet interrupteur, et l'on peut, en poussant le verrou C, fermer le circuit pour un temps quelconque, sans avoir besoin de maintenir le doigt sur la pédale. On voit au-dessous différents cautères pour le larynx et les amygdales. Le figure 371 montre des cautères pour le pharynx, la bouche, les oreilles, le nez et les yeux. Notons enfin, et c'est là un des avantages de la cautérisation galvanique, que chaque opérateur peut fabriquer instantanément, à l'aide d'un fil de platine, les cautères dont il a besoin, s'il ne les trouve pas dans le commerce.

GALVANOCÉRAME. — Objets céramiques sur le fond desquels on dépose une couche de cuivre galvanique.

GALVANOGRAPHIE. — Procédé imaginé par M. Kobell, de Munich, pour transformer un dessin en une planche de gravure, en la recouvrant d'un dépôt de cuivre.

Le dessin est fait au pinceau sur une feuille de cuivre plaquée d'argent, à l'aide de colcothar mélangé avec une solution de cire et d'un peu de résine de Damara ou de gomme laque. La surface de l'argent représente les clairs. Les ombres très intenses sont renforcées avec de la couleur à l'huile, qu'on saupoudre de graphite en fine poussière.

La plaque est ensuite posée sur une autre plaque de cuivre dans un bain de sulfate de cuivre additionné de sulfate de soude, et l'on constitue une pile en plaçant par dessus une plaque de zinc laminé plongée dans l'eau légèrement acidulée. Ce liquide est séparé du premier par une feuille de parchemin. On réunit les lames de zinc et de cuivre ; le cuivre se dépose d'abord sur les parties conductrices de l'image, puis on voit apparaître sur la couleur de petites protubérances qui augmentent peu à peu et finissent par recouvrir l'image tout entière. Il faut de trois à huit jours pour achever l'opération : on nettoie le zinc et l'on change l'eau acidulée tous les jours. Les planches ainsi obtenues ne peuvent pas donner plus de 300 à 600 épreuves ; mais on peut augmenter le tirage à volonté en en faisant des copies par la galvanoplastie.

On peut également obtenir une planche galvanographique à l'aide d'une épreuve sur papier. On applique cette épreuve, encore fraîche, sur une plaque de cuivre qu'on a d'abord trempée dans l'eau forte. On soumet le tout à la presse, ce qui transporte l'encre de l'épreuve sur la plaque de cuivre, puis on plonge celle-ci pendant une demi-minute dans un bain de dorure galvanique. L'or se dépose seulement sur les parties non recouvertes d'encre. On enlève l'encre grasse par l'essence de térébenthine et l'on creuse les parties non dorées en employant la planche comme électrode soluble. On a alors une planche bonne pour la gravure. Les mêmes procédés ont été appliqués aux images daguerriennes, mais ils sont sans intérêt aujourd'hui, puisqu'il existe de meilleurs procédés d'héliogravure. (Voy. Julien Lefèvre, *La photographie et ses applications.*)

GALVANO-MAGNÉTIQUE. — Syn. d'ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE.

GALVANO-MAGNÉTISME. — Syn. d'ÉLECTRO-MAGNÉTISME.

GALVANOMÈTRE. — Appareil servant à mesurer l'intensité des courants par leur action sur une aiguille aimantée. Le galvanomètre est fondé sur l'expérience d'Œrsted (Voy. ÉLECTROMAGNÉTISME). La déviation augmente avec l'intensité du courant, mais elle ne lui est pas proportionnelle ; l'expérience montre qu'elle est indépendante du degré d'aimantation de l'aiguille, ce qui prouve que l'action de la terre et celle du courant varient toutes deux proportionnellement à la masse magnétique du pôle considéré.

De plus, la disposition d'Œrsted ne pourrait servir que pour des courants très intenses ; on a donc dû chercher à augmenter la sensibilité.

Multiplicateur de Schweigger. — On place l'aiguille au centre d'un cadre rectangulaire, sur lequel on enroule un grand nombre de fois dans le même sens le fil bien isolé qui doit traverser le courant. Il est facile de voir que l'on augmente ainsi son action sur l'aiguille aimantée. Considérons en effet l'aiguille AB placée au centre du cadre, et l'un des tours du fil

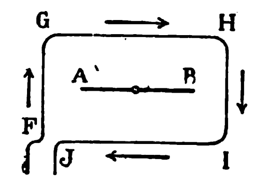


Fig. 372. — Multiplicateur de Schweigger.

FGHIJ (fig. 372) : le sens du courant étant indiqué par les flèches, il a, dans les quatre parties du rectangle, sa gauche en arrière du dessin, et par conséquent les actions de ces quatre portions de fil s'accordent pour dévier le pôle nord A en arrière de la figure. Il en est de même évidemment pour les autres tours du fil. Remarquons cependant qu'il n'y aurait pas avantage à augmenter indéfiniment le nombre des tours de fil, parce que les spires successives, s'éloignant de plus en plus de l'aiguille, exercent sur elles une action de plus en plus faible, et aussi parce qu'en augmentant la longueur du fil, et par suite la résistance de l'instrument, on diminue l'intensité du courant qui le traverse.

Influence de la forme de la bobine. — Dans les galvanomètres ordinaires, les intensités des courants ne sont proportionnelles ni aux déviations, ni même aux tangentes des déviations, comme dans la boussole des tangentes (Voy. ce mot). Les aiguilles des galvanomètres sont trop longues pour que la formule de ces boussoles soit applicable. On cherche donc seulement à augmenter la sensibilité.

Il faut pour cela augmenter le plus possible l'action du courant et diminuer l'action de la terre.

Pour augmenter l'action du courant, il faut, toutes choses égales d'ailleurs, donner à la bobine la forme la plus favorable. Cette bobine est souvent rectangulaire, comme dans le galvanomètre de Nobili ; dans d'autres instruments on a cherché une meilleure disposition.

La forme la plus avantageuse est donnée par la condition que l'action de l'unité de longueur du fil, ou action spécifique, soit la même en tous les points de la surface extérieure, car, s'il n'en était pas ainsi, il y aurait avantage à transporter les parties dont l'action spécifique serait plus faible en des points où elle deviendrait plus grande.

On démontre que le contour le plus avantageux est représenté en coordonnées polaires par

$$\rho^2 = a^2 \sin \theta,$$

ou, en le rapportant aux axes XX' et YY' par

$$(x^2 + y^2)^3 = a^4 y^2.$$

La figure 373 montre la forme qui correspond à cette équation. On supprime les parties ponc-

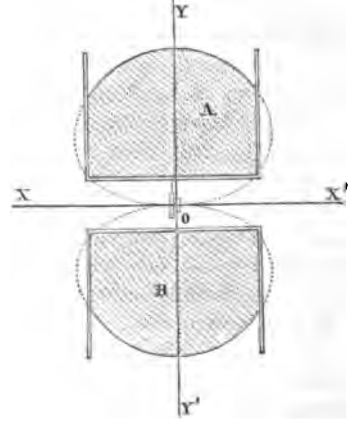


Fig. 373. — Forme de la bobine donnant le maximum d'effet.

tuées pour placer l'aiguille aimantée, qui est collée sur un petit miroir, comme dans le galvanomètre de Thomson, et placée en O perpendiculairement au plan du dessin.

Pour utiliser le mieux possible les positions les plus avantageuses, on forme souvent les

premières couches de fil très fin, puis on augmente progressivement le diamètre pour n'avoir pas une trop grande résistance.

La bobine est formée de fil recouvert de soie blanche, la matière colorante verte pouvant renfermer des substances magnétiques, et chaque courbe, aussitôt après son enroulement, est plongée dans la paraffine fondue ; la couche extérieure est recouverte de gomme laque pour éviter l'humidité.

Aimant compensateur ou correcteur. — Pour diminuer l'action de la terre, on peut faire usage d'un aimant compensateur ou d'un système d'aiguilles astatiques. Ces deux procédés peuvent être employés ensemble ou séparément. L'aimant compensateur est fixé sur une tige verticale placée au-dessus de l'instrument et qui peut tourner sur elle-même ; une vis de serrage permet de le fixer à une hauteur variable. On peut ainsi le mettre dans une position telle qu'il produise un champ à peu près égal et de sens contraire au champ terrestre. L'aiguille se place suivant la résultante des deux champs, et, s'ils sont presque égaux, il suffit d'une action très faible pour la faire dévier. On donne ordinairement à cet aimant la forme d'un arc de cercle, pour permettre au besoin de placer ses deux pôles suivant la direction même de l'aiguille (Voy. GALVANOMÈTRE DE THOMSON).

Aiguilles astatiques. — On augmente souvent la sensibilité en remplaçant l'aiguille AB par un système *astatique*, qui a le double avantage d'être

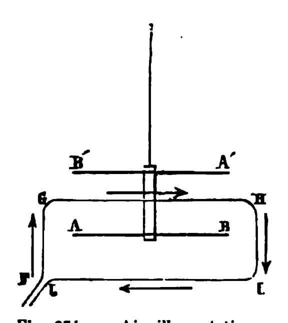


Fig. 374. — Aiguilles astatiques.

insensible à l'action de la terre et plus sensible à celle du courant. Ce système est formé de deux aiguilles semblables, parallèles et également aimantées, mais ayant leurs pôles dirigés en sens contraire. Les actions de la terre sur les deux aiguilles sont égales et opposées, de sorte que l'appareil est complètement soustrait à son influence. D'un autre côté l'action du courant est augmentée. En effet les quatre parties du rectangle FGHIJ tendent à envoyer le pôle nord A en arrière (fig. 374). On voit que la partie GH tend de même à envoyer en arrière le pôle sud B', placé au-dessus de A, car, pour cette partie, la droite de l'observateur est en arrière lorsqu'il regarde A'B'.

Cette action concorde donc avec les premières. Il n'en est pas de même des actions des trois côtés FG, HI et IJ sur l'aiguille A'B' ; mais, comme ces parties sont beaucoup plus éloignées de cette aiguille que la première, c'est l'action de celle-ci qui l'emporte, et l'effet total est augmenté par la présence de l'aiguille A'B'.

Pour ces deux raisons la sensibilité du galvanomètre est augmentée. Il faut observer que les aiguilles ne sont jamais complètement astatiques ; elles subissent toujours de la part de la terre une faible action, qui suffit pour les ramener à leur position d'équilibre lorsque le courant ne passe plus. Une astaticité parfaite serait d'ailleurs très nuisible, car le système serait dévié à 90° par tous les courants, quelle que soit leur intensité, et l'on ne pourrait faire aucune mesure. De plus, ce système ne reviendrait jamais au zéro.

Les aiguilles astatiques augmentent donc la sensibilité ; elles ont cependant un grave inconvénient : le degré d'aimantation des deux aiguilles varie généralement d'une manière inégale et l'instrument ne reste pas comparable à lui-même.

On augmente encore davantage l'action du courant en plaçant chacune des deux aiguilles dans une bobine distincte, comme on peut le voir sur le galvanomètre de Thomson décrit plus loin. Si les deux bobines sont parcourues en sens contraires par le courant, les actions sur les deux aiguilles sont complètement concordantes.

Galvanomètre différentiel. — Pour comparer l'intensité de deux courants, on emploie quelquefois des galvanomètres formés de deux bobines parfaitement égales de fil de cuivre, dans lesquelles on fait passer les deux courants en sens opposés. On amène l'aiguille au zéro en introduisant dans l'un des circuits des résistances convenables. Les deux courants ont alors même intensité. Ces appareils peuvent servir également pour un seul courant : on le fait passer dans une seule bobine ou dans les deux réunies en tension.

Galvanomètre de Nobili. — Le galvanomètre de Nobili, employé par Melloni et Nobili dans l'étude de la chaleur rayonnante, convient surtout à la mesure des courants faibles ; il est muni d'aiguilles astatiques. Le multiplicateur

(fig. 375) entoure seulement l'aiguille inférieure, dont on aperçoit l'un des pôles ; l'ai-

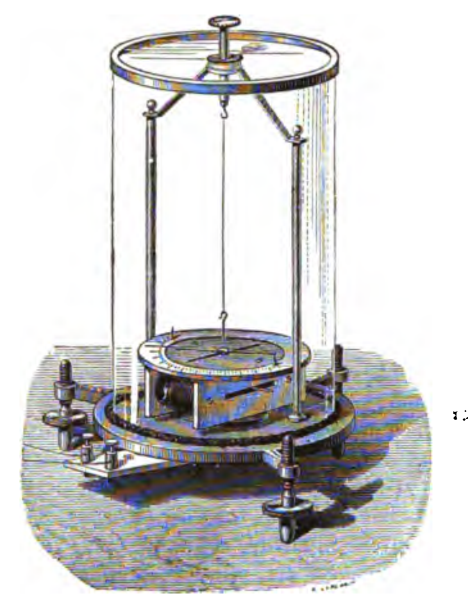


Fig. 375. — Galvanomètre de Nobili (Carpentier).

guille supérieure tourne sur un cadran de cuivre divisé, qui sert en outre à amortir les oscillations. Les aiguilles sont portées par un fil de cocon, qui n'oppose aucune résistance à la rotation. Après avoir réglé l'horizontalité du support au moyen des vis calantes, on fait tourner, à l'aide d'une vis sans fin, le plateau qui porte tout l'appareil, jusqu'à ce que le multiplicateur et par suite le zéro du cercle se trouvent à la position d'équilibre de l'aiguille, position qui n'est pas nécessairement dans le méridien ; on fixe alors l'appareil et l'on attache aux deux bornes les fils qui amènent le courant.

A cause de la longueur des aiguilles, les déviations ne sont proportionnelles aux intensités que jusqu'à 20° environ ; si l'on doit dépasser cette limite, il faut graduer l'instrument.

Le fil de suspension porte souvent, au-dessus de l'aiguille supérieure, un petit miroir servant à la lecture des déviations. (Voy. **Méthode du miroir.**)

Galvanomètre à projection. — On peut montrer à un grand nombre de personnes à la fois les déviations du galvanomètre en employant un modèle dont le cadran et le fond sont en verre (fig. 376); on le place sur un appareil pour la projection des corps horizontaux, et l'on voit les divisions se peindre sur l'écran. Le multiplicateur, qui est seul opaque, forme au centre une ombre rectangulaire, qui n'empêche en rien de suivre les mouvements de l'aiguille.

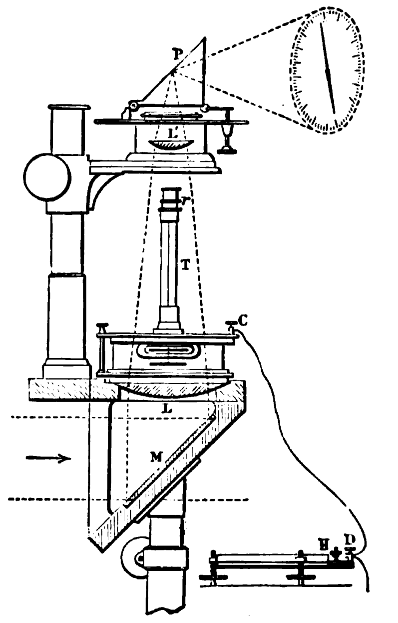




Fig. 376. — Galvanomètre à projection.

Galvanomètres verticaux. — On peut employer dans le même but des galvanomètres verticaux tels que celui de M. Bourbouze (fig. 377). L'ai-

guille est un barreau aimanté mobile dans un plan vertical et supporté par un couteau d'acier, à la manière des fléaux de balance.

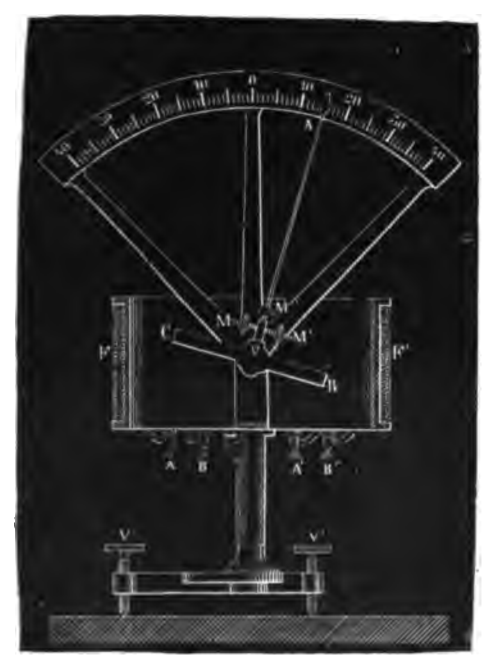


Fig. 377. — Galvanomètre Bourbouze.

Ce barreau est au centre d'une bobine plate; il porte un index en aluminium dont la pointe se meut devant un cadran divisé. Trois écrous mobiles permettent de rendre le barreau horizontal pour toutes les orientations de l'appareil et de faire varier sa sensibilité. Cet instrument porte une double bobine pour servir de galvanomètre différentiel.

Galvanomètres à réflexion de Thomson. — Sir W. Thomson a imaginé des galvanomètres qui sont extrêmement répandus aujourd'hui. Le modèle le plus simple n'est pas astatique (fig. 378). Sa bobine présente la forme indiquée plus haut (fig. 374). L'aiguille est formée généralement de plusieurs petites lames d'acier, d'environ 8 millimètres de longueur, collées derrière un petit miroir qui sert à observer les déviations (Voy. MÉTHODE DU MIROIR); ces aiguilles multiples donnent, à poids égal, un plus grand moment magnétique, et l'aiguille revient plus vite au repos.

L'appareil est muni d'un aimant correcteur et placé dans une cage de métal fermée par deux glaces à faces parallèles.

Le modèle le plus employé est astatique : les deux systèmes d'aiguilles sont placés dans deux bobines distinctes et suspendus par un fil de cocon (fig. 379). L'un des systèmes d'aiguilles, celui du haut, est collé sur le petit miroir. Les deux bobines peuvent s'enlever facilement et se remplacer par d'autres, de résistance différente. L'appareil est muni aussi d'un aimant correcteur, porté par une tige verticale, que l'on fait

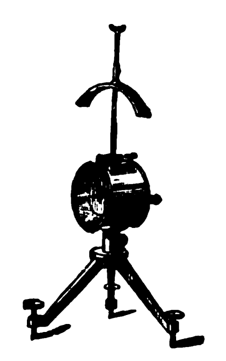


Fig. 378. — Galvanomètre Thomson.

tourner au moyen d'une vis tangente, placée sur le couvercle; il est renfermé dans une cage de verre ou de métal, à base carrée ou circulaire, munie de vis calantes. On adapte quelquefois à l'aiguille inférieure, qui ne porte pas le miroir, un disque de mica ou d'aluminium pour amortir les oscillations. L'instrument est alors suffisamment apériodique; d'où le nom de galvanomètre *dead-beat* (battements amortis), qui lui a été donné par sir W. Thomson.

On peut transformer cet appareil en galvanomètre différentiel en faisant passer les courants séparément et dans le même sens dans les deux bobines.

Galvanomètre apériodique Deprez et d'Arsonval. — Dans cet appareil l'aimant est fixe et c'est le cadre du multiplicateur qui est mobile. Entre les branches d'un aimant en fer à cheval (fig. 380) est fixé un cylindre de fer doux qui s'aimante par influence. Autour de ce cylindre peut tourner un cadre, suspendu par deux fils qui servent en outre à amener le courant. Ce cadre est formé d'une lame en cuivre rouge pour les instruments à faible résistance, et d'un certain nombre de tours de fil fin pour les autres. Le fil supérieur porte un miroir pour la lecture des déviations. Le cadre mobile est placé dans un champ très puissant et soustrait par suite à toute action magnétique. L'instrument peut être placé dans une cage de verre, ou renfermé dans une boîte de bois qu'on suspend au mur. Une lentille convergente sert à augmenter la netteté des images.

(fig. 375) entoure seulement l'aiguille inférieure, dont on aperçoit l'un des pôles ; l'ai-

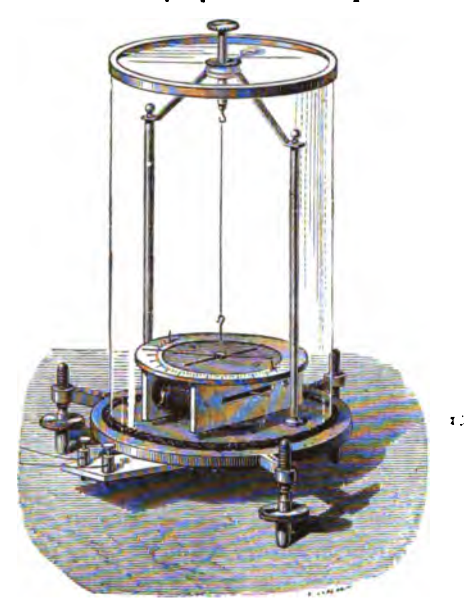


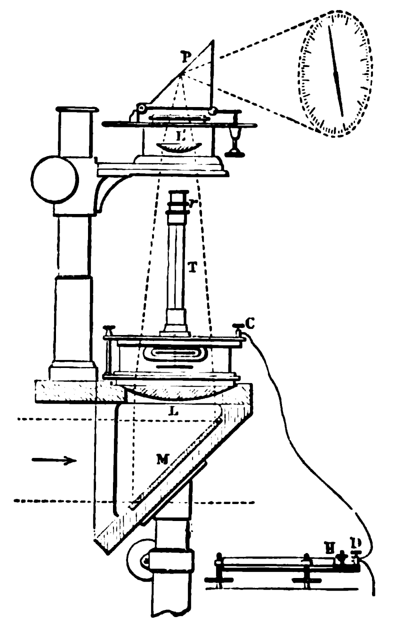
Fig. 375. — Galvanomètre de Nobili (Carpentier).

guille supérieure tourne sur un cadran de cuivre divisé, qui sert en outre à amortir les oscillations. Les aiguilles sont portées par un fil de cocon, qui n'oppose aucune résistance à la rotation. Après avoir réglé l'horizontalité du support au moyen des vis calantes, on fait tourner, à l'aide d'une vis sans fin, le plateau qui porte tout l'appareil, jusqu'à ce que le multiplicateur et par suite le zéro du cercle se trouvent à la position d'équilibre de l'aiguille, position qui n'est pas nécessairement dans le méridien ; on fixe alors l'appareil et l'on attache aux deux bornes les fils qui amènent le courant.

A cause de la longueur des aiguilles, les déviations ne sont proportionnelles aux intensités que jusqu'à 20° environ ; si l'on doit dépasser cette limite, il faut graduer l'instrument.

Le fil de suspension porte souvent, au-dessus de l'aiguille supérieure, un petit miroir servant à la lecture des déviations. (Voy. **Méthode du miroir.**)

Galvanomètre à projection. — On peut montrer à un grand nombre de personnes à la fois les déviations du galvanomètre en employant un modèle dont le cadran et le fond sont en verre (fig. 376); on le place sur un appareil pour la projection des corps horizontaux, et l'on voit les divisions se peindre sur l'écran. Le multiplicateur, qui est seul opaque, forme au centre une ombre rectangulaire, qui n'empêche en rien de suivre les mouvements de l'aiguille.



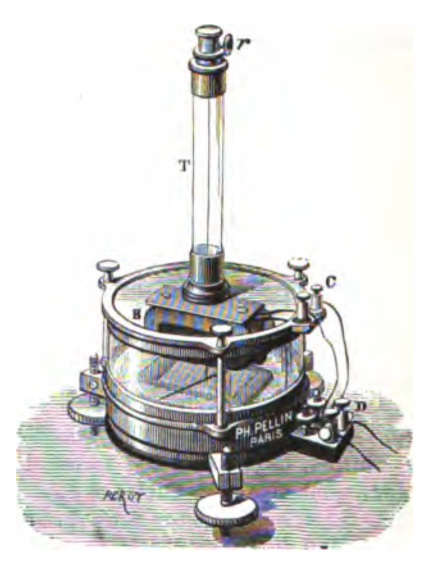


Fig. 376. — Galvanomètre à projection.

Galvanomètres verticaux. — On peut employer dans le même but des galvanomètres verticaux tels que celui de M. Bourbouze (fig. 377). L'ai-

guille est un barreau aimanté mobile dans un plan vertical et supporté par un couteau d'acier, à la manière des fléaux de balance.

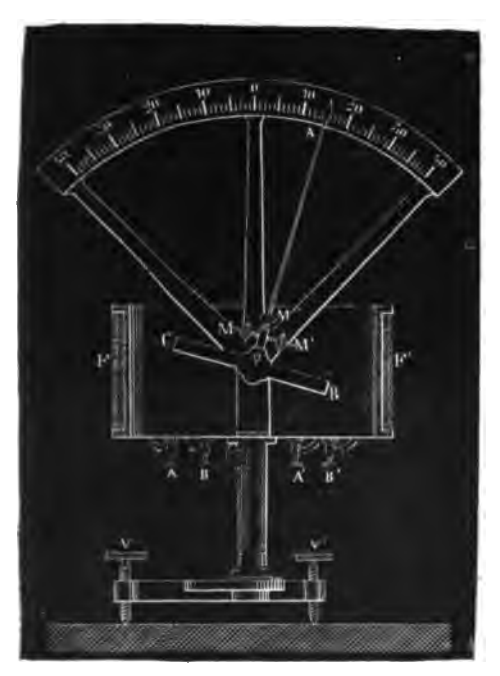


Fig. 377. — Galvanomètre Bourbouze.

Ce barreau est au centre d'une bobine plate; il porte un index en aluminium dont la pointe se meut devant un cadran divisé. Trois écrous mobiles permettent de rendre le barreau horizontal pour toutes les orientations de l'appareil et de faire varier sa sensibilité. Cet instrument porte une double bobine pour servir de galvanomètre différentiel.

Galvanomètres à réflexion de Thomson. — Sir W. Thomson a imaginé des galvanomètres qui sont extrêmement répandus aujourd'hui. Le modèle le plus simple n'est pas astatique (fig. 378). Sa bobine présente la forme indiquée plus haut (fig. 374). L'aiguille est formée généralement de plusieurs petites lames d'acier, d'environ 8 millimètres de longueur, collées derrière un petit miroir qui sert à observer les déviations (Voy. MÉTHODE DU MIROIR); ces aiguilles multiples donnent, à poids égal, un plus grand moment magnétique, et l'aiguille revient plus vite au repos.

L'appareil est muni d'un aimant correcteur et placé dans une cage de métal fermée par deux glaces à faces parallèles.

Le modèle le plus employé est astatique : les deux systèmes d'aiguilles sont placés dans deux bobines distinctes et suspendus par un fil de cocon (fig. 379). L'un des systèmes d'aiguilles, celui du haut, est collé sur le petit miroir. Les deux bobines peuvent s'enlever facilement et se remplacer par d'autres, de résistance différente. L'appareil est muni aussi d'un aimant correcteur, porté par une tige verticale, que l'on fait



Fig. 378. — Galvanomètre Thomson.

tourner au moyen d'une vis tangente, placée sur le couvercle; il est renfermé dans une cage de verre ou de métal, à base carrée ou circulaire, munie de vis calantes. On adapte quelquefois à l'aiguille inférieure, qui ne porte pas le miroir, un disque de mica ou d'aluminium pour amortir les oscillations. L'instrument est alors suffisamment apériodique; d'où le nom de galvanomètre *dead-beat* (battements amortis), qui lui a été donné par sir W. Thomson.

On peut transformer cet appareil en galvanomètre différentiel en faisant passer les courants séparément et dans le même sens dans les deux bobines.

Galvanomètre apériodique Deprez et d'Arsonval. — Dans cet appareil l'aimant est fixe et c'est le cadre du multiplicateur qui est mobile. Entre les branches d'un aimant en fer à cheval (fig. 380) est fixé un cylindre de fer doux qui s'aimante par influence. Autour de ce cylindre peut tourner un cadre, suspendu par deux fils qui servent en outre à amener le courant. Ce cadre est formé d'une lame en cuivre rouge pour les instruments à faible résistance, et d'un certain nombre de tours de fil fin pour les autres. Le fil supérieur porte un miroir pour la lecture des déviations. Le cadre mobile est placé dans un champ très puissant et soustrait par suite à toute action magnétique. L'instrument peut être placé dans une cage de verre, ou renfermé dans une boîte de bois qu'on suspend au mur. Une lentille convergente sert à augmenter la netteté des images.

Ce galvanomètre peut être construit différentiel; il est sensible et complètement apériodique. Ces qualités le font employer de préférence pour toutes les mesures courantes des laboratoires et des ateliers.

Galvanomètres industriels. — Pour les besoins

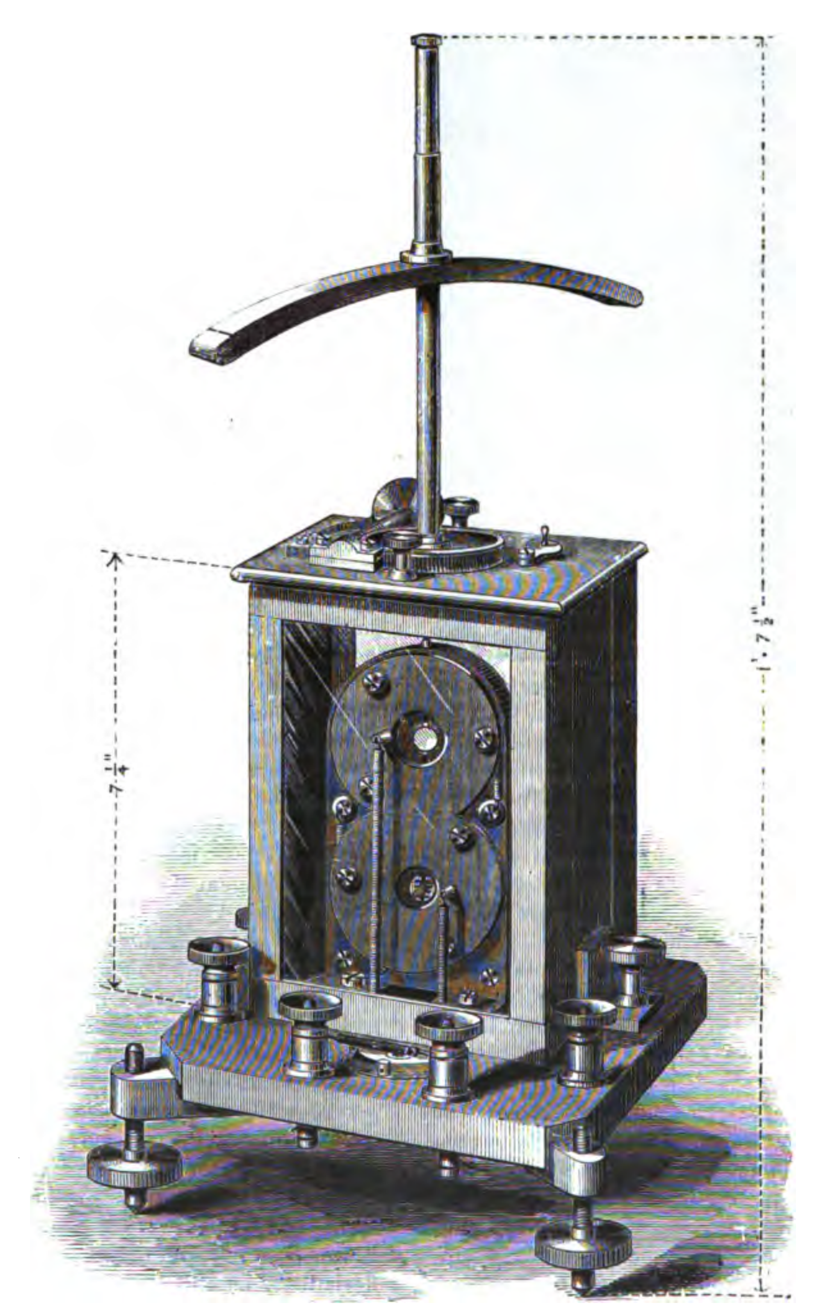


Fig. 379. — Galvanomètre astatique de sir W. Thomson.

industriels, on construit des galvanomètres moins sensibles, mais plus faciles à transporter. Le modèle représenté (fig. 381) possède deux bobines, l'une très résistante, l'autre à gros fil. Pour substituer l'une à l'autre, il suffit d'enlever la glace et le cadran, et d'introduire la bobine

dans la boîte, où les communications s'établissent automatiquement. Ses petites dimensions le rendent très facile à transporter.

Le galvanomètre de torsion de MM. Siemens et Halske (fig. 382) sert à la fois d'ampèremètre et de voltmètre. Il est formé de deux bobines entre lesquelles peut osciller un aimant, qui a la forme d'un long dé à coudre fendu longitudinalement. Cet aimant est suspendu à un fil de soie, fixé lui-même à l'une des extrémités d'un petit ressort à boudin. Le ressort peut être tordu au moyen du bouton moleté qu'on voit à la partie supérieure de l'appareil; ce bouton porte une aiguille qui se déplace au-dessous du cadran de verre divisé qui forme le couvercle de l'appareil; l'aimant porte un index qui tourne devant le même limbe divisé. Un amortisseur, composé de deux palettes de mica fixées sur l'axe de rotation de l'aimant, arrête rapidement les oscillations.

Pour se servir de l'instrument, on amène au zéro l'aiguille du ressort, puis l'on tourne toute

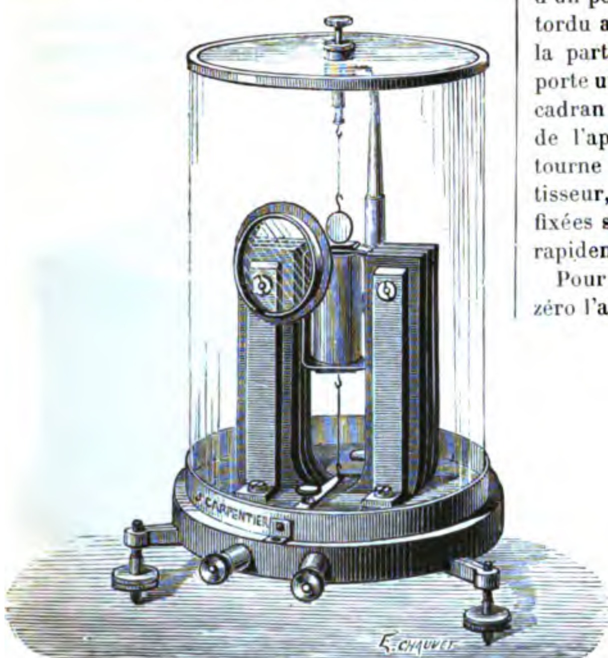


Fig. 380. — Galvanomètre apériodique Deprez et d'Arsonval.

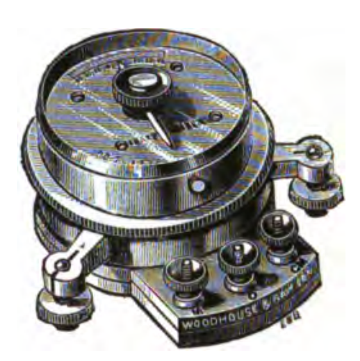


Fig. 381. — Galvanomètre astatique.

la cage jusqu'à ce que l'index de l'aimant s'arrête aussi au zéro. Si l'on fait passer un courant, l'aimant est dévié; on le ramène à sa première position en tordant le ressort. L'angle de torsion est, d'après les auteurs, proportionnel à l'intensité.

La résistance de l'appareil étant exactement 1 ohm, et chaque degré du ressort correspondant à une intensité de 0,01 ampère, on voit que la différence de potentiel aux bornes est de 0,01 volt par degré de torsion. A l'appareil est joint une boîte contenant trois bobines de résistances de 9,99 et 999 ohms, qui permettent de modifier la sensibilité. On monte cette caisse *en tension* avec le galvanomètre; si l'on place la fiche sur la bobine de 9 ohms, la résistance totale de l'appareil devient 10 ohms, et, pour une même différence de potentiel aux bornes, la déviation est 10 fois plus faible. On peut donc rendre la sensibilité 10, 100, 1000 fois plus faible.

Galvanomètre marin. — A bord des navires, notamment pour l'immersion des câbles télégraphiques, on se sert d'un galvanomètre (fig. 383) dont l'aiguille est supportée par un fil fixé en haut et en bas, comme le cadre de l'appareil Deprez. Un grand aimant permanent, fixé dans la cage, donne à l'aiguille une position d'équilibre sensiblement constante. On achève le réglage à l'aide de deux aimants mobiles, représentés à part, qui tournent vers l'aiguille leurs pôles opposés et sont munis de deux crémaillères qui engrènent avec les deux côtés d'une roue dentée. Quand les pôles contraires sont équidistants de l'aiguille, ils ne produisent aucun effet : en tournant dans un sens ou dans l'autre, on fait prédominer l'action de l'un d'eux. Ces aimants sont placés dans le tube qu'on voit sur la figure. La cage est en fer, pour garantir l'appareil des influences magnétiques extérieures; elle est percée d'une petite fenêtre pour observer l'aiguille.

Galvanomètre balistique. — Si l'on fait passer dans un galvanomètre un courant *instantané*, c'est-à-dire de très courte durée, l'aiguille n'a pas le temps de prendre une position d'équilibre fixe, et l'on est forcé de déduire l'intensité de la

première impulsion. On démontre que la quantité d'électricité qui traverse l'appareil est proportionnelle au sinus de la moitié de l'impulsion.

$$\frac{q}{q'} = \frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{\sin \frac{\alpha'}{2}}.$$

Si les courants à comparer ont sensiblement même durée, ce rapport est égal à celui des intensités.

Mais on suppose dans cette formule la résistance de l'air négligeable. On a donc cherché à construire des instruments dans lesquels cette résistance soit très petite. MM. Ayrton et

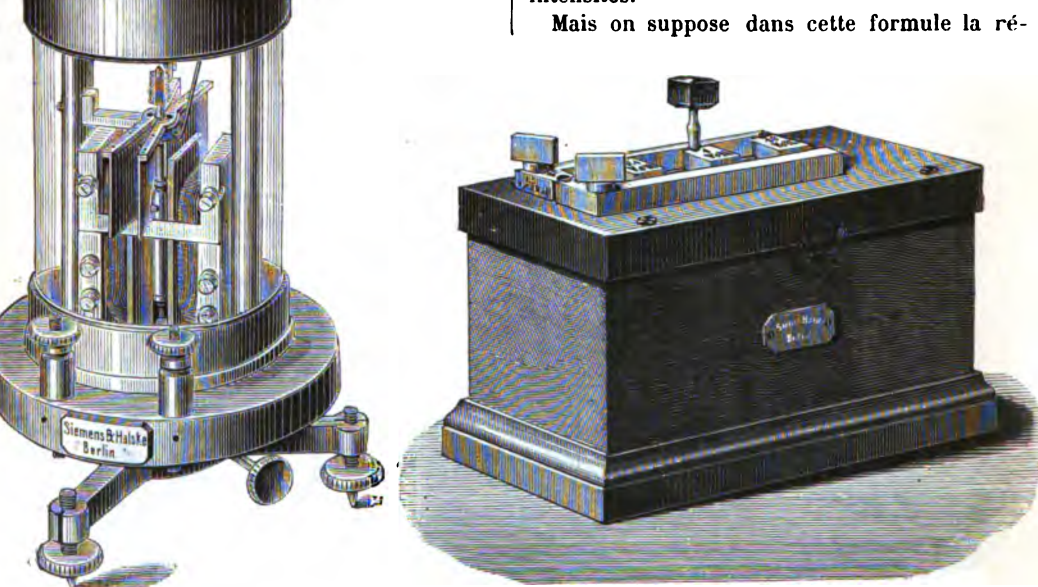


Fig. 382. — Galvanomètre de torsion (Siemens et Halske, Berlin).

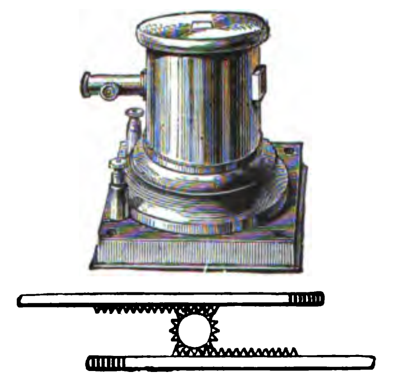


Fig. 383. — Galvanomètre marin.

Perry remplacent l'équipage astatique d'un galvanomètre Thomson par deux sphères aimantées, formées chacune d'une vingtaine de petites aiguilles, aimantées à saturation, disposées dans le même sens et entourées de plomb ou de cire de manière à constituer une masse sphérique ; les deux sphères sont réunies par un fil rigide, leurs pôles tournés en sens inverse. Avec cette disposition la résistance de l'air est très faible.

Galvanomètres étalonnés. — Certains galvanomètres sont disposés pour donner des mesures absolues ; on nomme *ampèremètres* ceux qui servent à la mesure des intensités et *voltmètres* ceux qui donnent les forces électromotrices. (Voy. ces mots.)

Emploi du galvanomètre en dérivation. — Un galvanomètre sensible peut être employé à la mesure de courants intenses, à condition de ne faire passer dans l'instrument qu'une fraction connue du courant. Il suffit de le placer en dérivation avec une bobine de résistance connue r; soit g celle de l'instrument. D'après les lois des courants dérivés, les intensités i et i' dans le galvanomètre et dans la bobine sont en raison inverse de leurs résistances

$$ig = i'r.$$

De plus, si I est l'intensité totale,

$$I = i + i'.$$

On tire de là

$$i = \frac{r}{r+g} I.$$

On peut donc, en diminuant r, faire décroître à volonté l'intensité de la portion du courant qui traverse l'appareil.

On se sert généralement pour cela d'un *shunt* (Voy. ce mot), contenant trois bobines dont les résistances sont $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{99}$ et $\frac{1}{999}$ de celle du galvanomètre, ce qui permet de faire passer dans cet instrument $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{100}$ ou $\frac{1}{1000}$ du courant total.

Choix d'un galvanomètre. — L'emploi du galvanomètre donne lieu à quelques remarques importantes. Si l'appareil présente une résistance notable et qu'on l'introduise dans le circuit seulement pour mesurer l'intensité, sa présence changera la valeur du résultat. En effet, l'intensité cherchée est

$$(1) \qquad I = \frac{E}{R},$$

en appelant E la force électromotrice totale et R la résistance de tout le reste du circuit; or l'instrument donne

$$(2) \qquad I' = \frac{E}{R+g}.$$

Si l'on veut avoir I exactement, on peut faire une nouvelle lecture en introduisant une autre résistance r, ce qui donne

$$(3) \qquad I'' = \frac{E}{R+r+g}.$$

En éliminant E et R, on obtient

$$I = \frac{I'I''r}{I''(r+g) - I'g}.$$

Au lieu d'ajouter une résistance r, on pourrait *shunter* le galvanomètre à l'aide d'une dérivation de résistance r. L'équation (3) serait alors remplacée par

$$i = \frac{Er}{R(r+g) + rg}.$$

D'où

$$I = \frac{iI'g}{(I'-i)r}.$$

Il importe aussi de choisir dans chaque cas le galvanomètre qui donnera la plus grande sensibilité. On démontre qu'il y a avantage à employer un galvanomètre dont la résistance soit, autant que possible, égale à celle du circuit extérieur. On prendra donc un galvanomètre à gros fil pour les circuits peu résistants, et à fil fin pour les circuits très résistants.

GALVANOMÉTRIQUE. — Qui se rapporte au galvanomètre.

GALVANOPLASTIE. — On donne quelquefois ce nom à l'ensemble des arts qui ont pour but de produire des dépôts métalliques par l'électrolyse.

Il est préférable de diviser la galvanoplastie en deux parties : l'*électro-chimie*, qui est la formation à la surface d'un objet métallique d'un dépôt adhérent d'un autre métal, destiné à lui donner un aspect plus agréable à l'œil ou à le rendre inaltérable, et la *galvanoplastie proprement dite*, qui a pour but la reproduction des objets d'art par le dépôt dans un moule d'une couche de cuivre non adhérente.

Nous indiquons à l'article ÉLECTRO-CHIMIE les notions générales relatives à cette opération, et aux mots ACIÉRAGE, ARGENTURE, DORURE, etc., ce qui a trait à chacune de ces industries en particulier. Il nous reste donc seulement à décrire ici les procédés relatifs à la galvanoplastie proprement dite.

Après quelques essais de Daniell, de De la Rive et de Delarue, Jacobi (février 1837) et Spencer (septembre 1837) découvrirent à peu près simultanément le moyen d'obtenir un dépôt galvanoplastique. Jacobi imagina en 1849 l'emploi d'une *électrode soluble*.

Moulage. — Le dépôt de cuivre doit être uniforme, très cohérent, absolument exempt de lacunes, et capable de se détacher facilement du moule. La fabrication de ce moule est la première opération à effectuer : un grand nombre de substances peuvent servir à cet usage, mais il est préférable de choisir dans chaque cas celle qui convient le mieux. Les moules en métal se prêtent surtout à la reproduction des médailles, car ils sont d'une extrême finesse; mais ils exigent un outillage spécial et une grande habileté. On obtient de très bons moules avec l'alliage fusible de Darcet (bismuth 250 gr., plomb 160 gr., étain 125 gr., antimoine 30 gr.). On le fond à consistance pâteuse et l'on y applique l'objet à reproduire, que l'on frappe d'un coup léger et bien d'aplomb.

Le plâtre convient bien au surmoulage du plâtre, du stuc, du marbre, de l'albâtre, du bois et des métaux; la cire blanche et la stéarine servent à la reproduction des médailles et des

clichés; la gélatine sert à mouler les objets fragiles et les pièces de difficile dépouille; son élasticité lui permet d'abandonner les parties rentrantes des modèles et de reprendre ensuite la forme voulue.

Enfin la gutta-percha est la substance la plus employée; elle sert surtout pour les objets qui peuvent supporter la pression sans inconvénient. Elle a l'avantage de pouvoir se transformer en lames minces ou en plaques épaisses, de se prêter à toutes les exigences du modelage, en un mot de se laisser travailler de toutes les façons. Très résistante à la température ordinaire, elle se ramollit par une immersion de quelques instants dans l'eau chaude, et devient



Fig. 384. — Moule en gutta-percha.

susceptible de prendre les empreintes les plus délicates. Enfin elle est inattaquable par les alcools, les acides et les dissolutions salines.

La gutta est ramollie dans l'eau bouillante et pétrie avec soin, de façon à la réunir en une boule bien homogène qu'on applique sur le modèle, préalablement frotté de savon; puis on soumet le tout à la presse, jusqu'à ce que la température se soit notablement abaissée. On doit cependant démouler avant le refroidissement complet. On lave ensuite le moule (fig. 384), on le sèche et on le métallise.

Procédé Pellecat. — M. Pellecat a imaginé en 1884 de chauffer la gutta-percha jusqu'à complète fusion, et de la couler ensuite sur le modèle, sans aucune pression. On obtient ainsi une très grande finesse de détails, sans risquer de briser ni de déformer le modèle, même le plus fragile. Ce procédé se prête très bien aussi à la reproduction en *terre perdue* qui ne diffère du procédé dit en *cire perdue* que par la substitution de la terre glaise à la cire. On fait disparaître ensuite le modèle en terre par l'eau froide, qui délaye la terre rapidement, sans altérer la gutta-percha. Le procédé Pellecat donne d'excellents résultats, ainsi que le montre la figure 385.

Métallisation des moules. — Les moules faits d'une substance isolante doivent être enduits, en tous les points où l'on veut obtenir un dépôt, d'une couche conductrice continue, mais assez mince pour ne pas altérer les plus petits détails.

On fait quelquefois un enduit de sulfure d'argent en enduisant le moule, au pinceau, d'une solution de 9 parties de nitrate d'argent dans 100 parties d'alcool. On préfère ordinairement déposer à la surface d'un moule une couche mince de plombagine bien pure. On humecte d'abord légèrement avec un peu d'eau et l'on frotte rapidement avec un pinceau trempé dans la plombagine jusqu'à ce que la surface présente un aspect brillant et uniforme.

Quand le moule est en métal, il convient encore de l'enduire de plombagine pour pouvoir enlever plus facilement le dépôt; on recouvre de cire les parties où le cuivre ne doit pas se déposer.

Enfin les moules en plâtre doivent être rendus imperméables en les plongeant dans la stéarine fondue jusqu'à ce qu'il ne s'en dégage plus de bulles d'air ni de vapeur d'eau. On saupoudre ensuite de plombagine, on laisse refroidir, et l'on frotte vivement avec une brosse enduite de cette substance.

Disposition des bains. — Le moule est ensuite introduit dans le bain, qui est ordinairement une dissolution de sulfate de cuivre. Le plus souvent, ce bain est disposé dans une cuve de verre, de porcelaine, ou de bois enduit intérieurement de gutta-percha ou de glu marine (fig. 386). Deux tiges métalliques TT', reliées aux deux pôles de la source, supportent l'une les moules *m*, l'autre une ou plusieurs plaques de cuivre C, servant d'anode soluble (voy. ce mot). On peut se dispenser d'employer une anode soluble, et remplacer les plaques de cuivre C par une électrode de plomb ou de platine; on entretient alors la saturation en ajoutant des cristaux de sulfate de cuivre. Ce procédé est moins avantageux, et n'est guère employé que pour les rondes-bosses.

On peut aussi placer le bain dans un *appareil simple* (fig. 387), qui constitue une grande pile de Daniell. Le sulfate de cuivre est dans une cuve de bois doublée de gutta-percha, au centre de laquelle on place un ou plusieurs vases poreux, contenant de l'eau acidulée et des zincs amalgamés Z,Z,Z. Tous les zincs communiquent avec une tringle isolée AA ; d'autres tringles isolées BB, B'B' supportent les moules PP, qui représentent ainsi le pôle positif de la pile. Enfin, pour fermer le circuit, des tiges métalliques réunissent la tringle AA aux tringles BB et B'B'. Comme cette disposition ne permet pas l'emploi d'une anode soluble, il faut maintenir le degré de concentration par l'addition de cristaux de sulfate de cuivre.



Fig. 385. — Objets reproduits par le procédé Pellecat.

On ajoute souvent aux bains de sulfate de cuivre un peu d'acide sulfurique, qui rend le dépôt moins cristallin et moins cassant, surtout avec des courants très faibles et de grandes surfaces polaires. Lorsqu'on doit faire usage d'une électrode soluble, on verse 8 à 9 parties d'acide sulfurique dans 100 parties d'eau, et l'on ajoute alors 8 à 9 parties de sulfate de cuivre cristallisé, ce qui donne une dissolution à peu près saturée.

Lorsqu'on ne doit pas se servir d'une anode soluble, on réduit la proportion d'acide sulfurique à 1 ou 2 p. 100, la décomposition électrolytique tendant à rendre le bain de plus en plus acide. M. H. Bouilhet a montré que le dépôt est plus tenace et plus dur si l'on ajoute au bain des traces de gélatine.

Pour les médailles, les bas-reliefs et en général tous les objets à dépouille, on les retire

facilement du moule. On peut ensuite les recuire, pour enlever les impuretés ou les débris du moule qui adhèrent à la surface; si l'on craint d'altérer les détails par le recuit, on lave avec de l'alcool, de l'essence de térébenthine ou mieux de la benzine.

Reproduction des pièces rondes-bosses. — La reproduction de ces pièces offre des difficultés particulières. On emploie ordinairement le procédé indiqué par M. Lenoir. On fait le moule de gutta-percha en plusieurs morceaux qu'on enduit soigneusem[...] de plombagine à l'intérieur et qu'on réunit [...] enfermant dans l'intérieur une carcasse mét[...]lique, reproduisant grossièrement la form[...] l'objet. Cette carcasse était primitivement [...] fils de platine; G. Planté a remplacé ce mé[...]

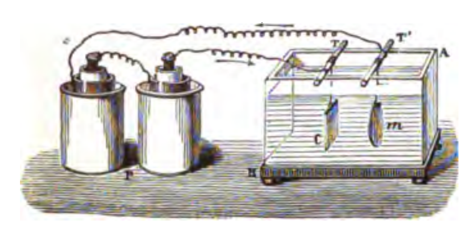


Fig. 386. — Appareil composé pour la galvanoplastie.

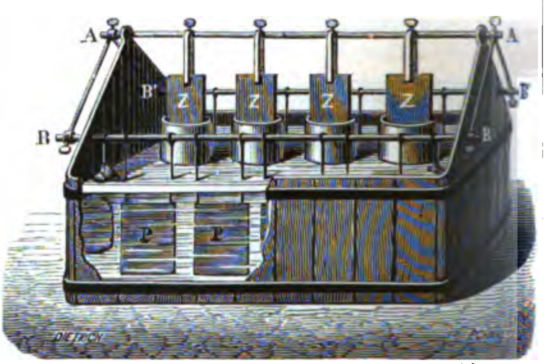


Fig. 387. — Appareil simple pour la galvanoplastie

par du plomb. On suspend ensuite ce moule dans le bain (fig. 388), la carcasse métallique étant reliée au pôle positif de la source, et le

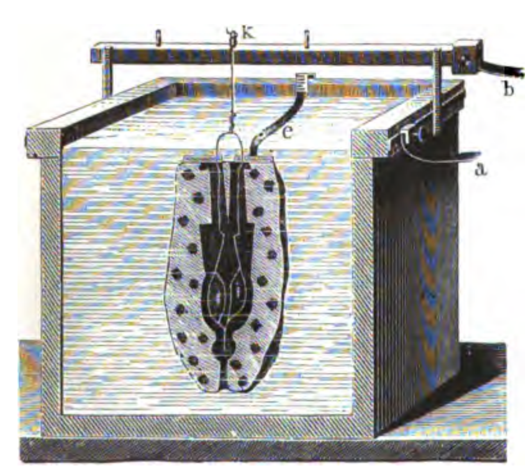


Fig. 388. — Reproduction d'une ronde-bosse.

moule au pôle négatif. On ménage une ou deux ouvertures au bas du moule pour que le liquide se renouvelle plus facilement dans l'intérieur, et l'on suspend dans le bain des sacs de crin remplis de cristaux.

Quand l'opération est terminée, on enlève le moule en gutta en le ramollissant par la chaleur, et l'on fait sortir l'anode de plomb de la ronde-bosse en la tirant fortement par l'orifice supérieur.

Galvanoplastie massive. — Si l'on veut donner au dépôt galvanique une épaisseur suffis[...] pour lui assurer la résistance nécessaire, il [...] le laisser très longtemps dans le bain, ce [...] augmente beaucoup le prix de revient. [...] tourné cette difficulté en coulant à l'intérieur de la couche galvanique de l'étain ou un alli[...] fusible qui lui donne la solidité nécessaire. [...] la maison Christofle, on garnit d'abord l'[...]rieur du galvano d'une épaisse couche de plât[...] qu'on fait sécher à l'étuve et qui l'empêche [...] se déformer; puis on chauffe au rouge et [...] introduit ensuite dans l'intérieur des fragm[...] de laiton aussi fusibles que possible, avec [...] peu de borax en poudre, et l'on fond ces fra[g]ments à l'aide d'un chalumeau.

Applications de la galvanoplastie. — Les [re]productions galvanoplastiques offrent les [mê]mes avantages que présentent, dans les ar[ts] du dessin, les reproductions photographiqu[es]. Elles rendent l'œuvre du sculpteur avec la fidélité la plus parfaite, avec ses plus petits détail[s]. On sait que les objets obtenus par fusion [...] coulés dans un moule en sable plus ou moin[s] rugueux : leur surface présente donc une foul[e] de défauts et d'aspérités, qui nécessitent, avant de les livrer au commerce, un travail de ciselure souvent fort long et qui en augmente considérablement le prix de revient; ce travail [a] en outre le défaut de ne pas traduire toujours avec exactitude la pensée de l'artiste. On n'a pas à craindre cet inconvénient avec les reproductions galvanoplastiques, qui n'exigent à peu près aucune retouche.

ussi la statuaire et l'architecture utilisent-s fréquemment les procédés galvanoplasti-s pour la reproduction d'un grand nombre uvres d'art importantes. Nous citerons no-ıment les portes de l'église Saint-Augustin, aris (fig. 389), les statues colossales de 5 à nètres de hauteur qui ornent la façade de

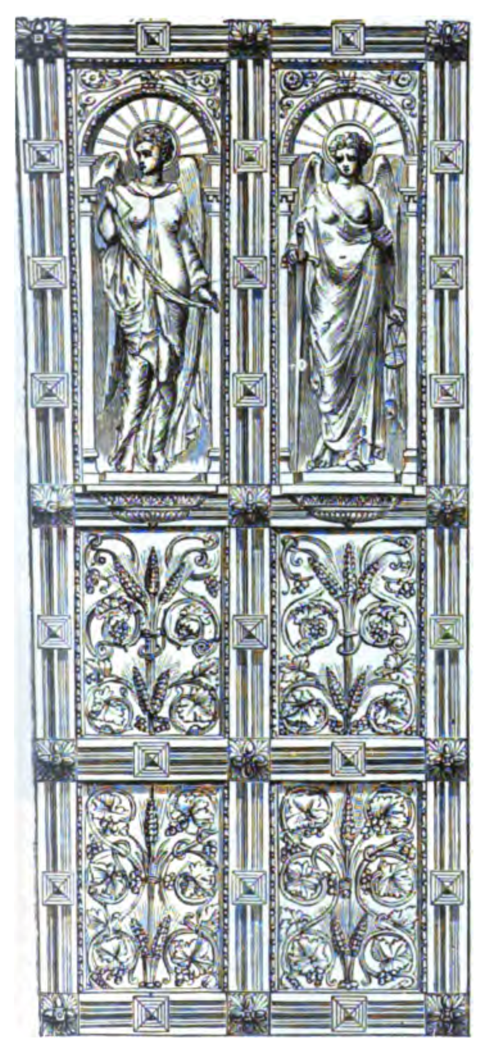


Fig. 389. — Porte de l'église Saint-Augustin à Paris.

'Opéra, et qui représentent la Musique, la Poésie, Apollon et les Muses (fig. 390), deux grands Pégases, enfin les bustes des grands maîtres et de nombreux chapiteaux destinés au même monument.

Grâce à la parfaite fidélité de ses reproductions, la galvanoplastie se prête admirablement à la vulgarisation des chefs-d'œuvre de toutes les époques, qui, sans son secours, resteraient cachés dans quelques musées. C'est dans ce but que le musée gallo-romain de Saint-Germain en Laye a fait reproduire les bas-reliefs de l'arc de triomphe de Constantin et ceux de la colonne Trajane : ces derniers sont au nombre de six cents et présentent chacun une surface moyenne de 1 mètre carré.

C'est encore pour le même motif que l'Administration du musée de Kensington, à Londres, a fait mouler, en 1855, les objets les plus remarquables du musée de Cluny et du musée d'artillerie. Cette remarquable collection s'est enrichie, depuis cette époque, de nombreux moulages galvaniques faits dans les principales collections d'Europe. Le musée artistique et industriel de Vienne a suivi cet exemple. La maison Christofle a reproduit également cinquante-deux vases ou ustensiles en argent, d'origine romaine, trouvés en 1868 près de Hildesheim (fig. 391).

La bijouterie emprunte aussi le secours de la galvanoplastie pour produire facilement sur l'acier les nielles et les damasquinures les plus compliquées. Enfin, outre l'électro-chimie, que nous avons déjà signalée, la galvanoplastie présente de nombreuses applications, parmi lesquelles nous citerons en première ligne l'*Electrotypie* (Voy. ce mot); en facilitant la reproduction des clichés typographiques sur bois et des planches en taille-douce sur métal, elle a puissamment contribué au développement des livres et des journaux illustrés.

GALVANOPLASTIQUE. — Qui se rapporte à la galvanoplastie.

GALVANOPUNCTURE. — Syn. d'électropuncture. (Voy. GAVALNOCAUSTIQUE CHIMIQUE.)

GALVANOSCOPE. — Appareil servant à reconnaître la production d'un courant. On emploie généralement pour cela un galvanomètre peu sensible. Le téléphone peut servir aussi de galvanoscope, pourvu qu'on produise des interruptions dans le circuit.

GALVANOSCOPIQUE. — Qui se rapporte aux galvanoscopes.

GALVANOTHÉRAPIE. — Syn. d'ÉLECTROTHÉRAPIE.

GALVANOTROPISME. — Phénomène présenté par la racine des plantes plongées dans l'eau, qui s'incline d'un côté ou de l'autre lorsqu'on fait passer dans cette eau un courant électrique.

GASTÉROSCOPE. — Accessoire du *polyscope* servant à l'examen de l'estomac.

GEISSLER (TUBE DE). — Tube contenant un gaz raréfié qui s'illumine par le passage de l'étincelle électrique (fig. 392). Ils ont été imaginés

Fig. 390. — Groupe de couronnement de l'un des pavillons de la façade de l'Opéra (5 mètres de hauteur).



Fig. 391. — Tasse à feuilles d'acanthe du trésor de Hildesheim.

Geissler, mécanicien et physicien allemand. ·sque la pression de l'air devient inférieure 8 centimètres de mercure, l'aspect de la déırge change beaucoup. Tout le gaz devient aineux et l'on peut voir au spectroscope le ·ctre caractéristique de ce gaz. Si l'on fait ·ide jusqu'à ce que la pression ne soit plus une faible fraction de millimètre, le tube se nplit d'une lumière brillante dont la couleur ·ie avec la nature du gaz qui se trouve dans tube. Ainsi la lumière est violacée dans l'air, ın beau rouge dans l'hydrogène, etc. Si n entoure le gaz d'un solide ou d'un liquide fluorescent, verre d'urane, solution d'azotate d'urane, de sulfate de quinine, etc., cette substance s'illumine et présente des couleurs caractéristiques.

Aux deux bouts du tube sont scellées des électrodes d'aluminium ou de platine; ce der-

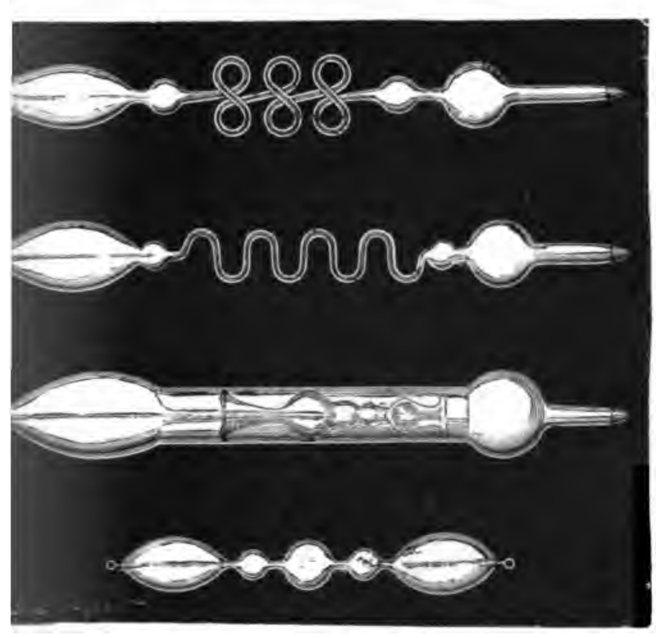




Fig. 392. — Tubes de Geissler.



Fig. 393. — Tube de Geissler tournant.

ier métal convient mieux, parce que, sa dilaation étant la même que celle du verre, il ne 'en détache pas en se refroidissent. On fait le ide dans le tube à l'aide d'une trompe de ›prengel, par un petit tube capillaire qu'on erme ensuite au chalumeau.

En général le courant induit direct traverse ›eul le tube vide, et l'on constate que les pôes n'offrent pas le même aspect. La boule qui ·ontient l'électrode négative est tout entière illuminée; l'autre est obscure et présente seulement un point brillant à l'extrémité du fil positif.

En disposant un tube de Geissler sur un moteur qui le fait tourner, pendant qu'on l'illumine au moyen d'une bobine de Ruhmkorff, grâce à la persistance des impressions sur la rétine, chaque point du tube paraît transformé en un cercle lumineux et l'œil croit voir une série de cercles concentriques de couleurs variées. Le modèle représenté figure 393 renferme sous un petit volume le moteur et la bobine nécessaires à l'expérience. C'est le fer doux de la bobine qui, en s'aimantant et se désaimantant, fait tourner le moteur à palettes placé à la partie supérieure.

GÉNÉRATEUR PYROMAGNÉTIQUE. — Appareil imaginé par M. Edison en 1887, et dans lequel les variations du champ magnétique destinées à produire les courants d'induction sont dues à des changements de température.

Ce générateur est fondé sur le même principe que le moteur pyromagnétique (Voy. ce mot)

du même inventeur. Il est composé de huit éléments identiques entre eux et formés chacun d'un électro-aimant à branches horizontales, devant les pôles duquel est disposé un cylindre de tôle ondulée entouré par une bobine de fil. Les huit bobines sont reliées en série et forment un circuit fermé, comme celui de l'anneau de Gramme; les huit tubes ondulés qui leur servent de noyaux traversent à leurs extrémités deux disques de fer horizontaux formant les pièces polaires communes des huit électro-aimants.

Au centre de ces disques fixes passe un arbre creux vertical, entraînant dans sa rotation une plaque semi-circulaire en argile réfractaire, qui masque à chaque instant quatre des huit tubes verticaux. L'appareil est p sur un fourneau muni d'une soufflerie, et produits de la combustion, s'échappant pa tubes qui ne sont pas obturés, les port rouge.

Il y a donc à chaque instant quatre des t creux qui s'échauffent et quatre qui se r dissent ; les quatre premiers sont le sieg

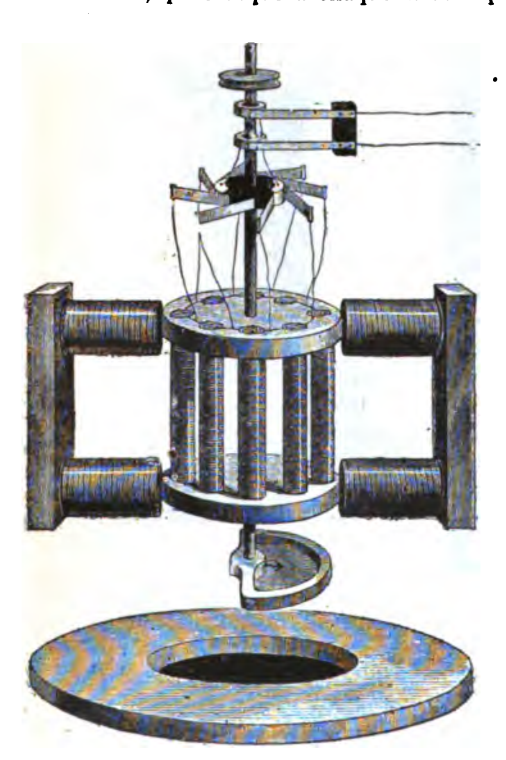




Fig. 394. — Détails et vue d'ensemble du générateur pyromagnétique.

courant d'un certain sens, et les autres d'un courant de sens opposé, la ligne de commutation étant parallèle au bord rectiligne de l'obturateur. Pour recueillir ce courant, l'arbre porte un disque isolant, entouré par deux segments métalliques opposés, dont la ligne de séparation est également parallèle au bord de l'obturateur. Sur ces segments frottent huit ressorts fixés sur le circuit fermé de l'induit, à égale distance entre deux bobines consécutives. Chacun de ces segments communi donc toujours avec les quatre bobines courant est de même sens, et ils représen en quelque sorte les deux pôles de l'ind dont les deux moitiés sont pour ainsi dire semblées en batterie. Les deux segments talliques communiquent respectivement deux colliers de laiton, isolés de l'arbre, lesquels deux balais viennent recueillir le rant. On voit que la disposition de l'induit off

e certaine analogie avec celle de l'anneau de amme.

GÉNÉRATEUR SECONDAIRE. — Nom donné r MM. Gaulard et Gibbs à leur transformateur oy. ce mot).

GLYPHOGRAPHIE. — Procédé électrotypique ur obtenir des planches gravées en relief ur l'impression. Il consiste à graver d'abord e planche en creux, puis à l'employer en ise de moule galvanoplastique pour avoir la inche en relief.

GODILLE. — Organe du manipulateur du té- graphe à cadran.

GOUTTE DE SUIF. — Petit bouton plat et rondi sur les bords, sur lequel vient s'ap- tyer la manette à ressort de certains commu- teurs pour établir le courant. (Voy. Plot.)

GOUVERNAIL ÉLECTRIQUE. — Gouvernail ú par l'électricité. Il en existe plusieurs mo- les.

GOUVERNAIL-MOTEUR-PROPULSEUR. — Gouvernail portant le moteur électrique qui met en marche le bateau (système Trouvé). (Voy. Bateau.)

GRADUATEUR ou **DÉRIVATEUR.** — Appareil employé dans la téléphonie à grande distance (système van Rysselberghe) pour empêcher d'entendre les courants télégraphiques.

En médecine, on donne ce nom aux appareils qui servent à graduer l'action de l'électricité, notamment au cylindre de cuivre que, dans certaines bobines, on enfonce plus ou moins profondément autour du noyau central de fer doux pour diminuer l'intensité du courant induit.

GRAMME (machine de). — Voy. Machines d'induction.

GRAPHOPHONE. — Sorte de phonographe dû à MM. Bell, Chichester et Simmer Tainter.

L'enregistrement des sons se faisait d'abord

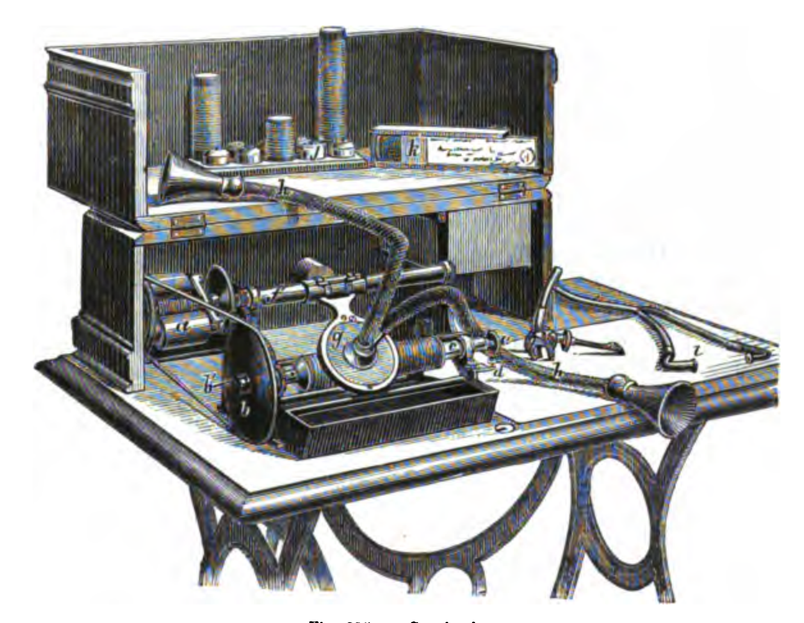


Fig. 395. — Graphophone.

en spirale sur un disque de papier enduit d'un mélange de 2 parties de paraffine et une de cire blanche; ce papier est fixé, pour cela, sur un disque métallique qui tourne autour de son axe, avec une vitesse de 180 à 190 tours par minute, tandis que cet axe avance parallèlement à lui-même avec une vitesse d'environ 25 millimètres par minute.

Une lame coupante, fixée à une feuille mince de mica, décrit à la surface du disque une fine spirale et découpe un copeau de cire plus fin qu'un cheveu.

Le disque de paraffine est ensuite plombaginé et employé comme moule dans un bain galvanoplastique, ce qui donne une plaque de cuivre présentant en saillie l'empreinte du sillon qui se trouvait en creux sur la paraffine. A l'aide de ce galvano, on grave mécaniquement le tracé phonographique primitif sur un disque de fer.

Enfin, pour reproduire les sons, on place

devant ce disque un aimant, dont l'un des pôles porte une bobine ayant pour axe une aiguille de fer doux, qui affleure le disque sans le toucher; cette bobine communique avec un téléphone.

Si l'on fait décrire au disque de fer un mouvement hélicoïdal identique au premier, les paroles se reproduisent dans le téléphone.

La figure 395, dont nous devons la communication à M. Brault, montre la forme la plus récente du graphophone. Le disque est remplacé par un cylindre formé d'une série de bandes de papier léger et résistant enroulé sur un mandrin, puis recouvert de cire. Le tout est passé plusieurs fois dans un moule chauffé vers 100° au bain-marie pour chasser les bulles d'air; enfin, comme dans le phonographe, la surface de la cire est rendue parfaitement lisse et cylindrique par une plane disposée en avant du style inscripteur.

Le cylindre ainsi préparé est placé sur les deux manchons *c*; il est mis en mouvement par une pédale, à l'aide du régulateur *a* et de la poulie *b*. On arrête le mouvement en appuyant sur le bouton *d*, qui soustrait le rochet *b'* à l'entraînement de la poulie *b*.

L'appareil inscripteur est un large disque de mica *g*, portant en son centre une pointe fine, qui trace sur la cire un sillon d'environ 0,025 millimètres de profondeur. Il est monté sur une vis *f*, commandée de *b* par un train d'engrenage, et qui le fait mouvoir le long du cylindre enregistreur; il est équilibré par un contre-poids.

Le parleur, qui se voit en *i*, présente une forme très originale : il est constitué par une petite membrane de mica ou de papier, à laquelle le style s'attache par un fil de soie passant au travers d'un petit tube. Il se fixe à la place du récepteur sur la gaîne de la vis *f* à l'aide d'un petit chariot à griffes. L'enveloppe de la membrane est munie d'un tube acoustique bifurqué, dont on introduit les extrémités dans les deux oreilles.

Il existe actuellement aux États-Unis plus de 30 sociétés ayant un capital total d'environ 100 millions, et destinées à exploiter le phonographe et le graphophone.

GRAVURE SUR VERRE PAR L'ÉLECTRICITÉ. — Dans ses recherches sur les phénomènes présentés par les décharges à haute tension, G. Planté fut amené à indiquer le procédé suivant de gravure sur verre.

« On couvre la surface d'une lame de verre avec une solution concentrée de nitrate de potasse, en versant simplement le liquide sur la plaque posée horizontalement dans une cuvette peu profonde. D'autre part, on fait plonger dans la couche liquide qui recouvre le verre, et le long des bords de la lame, un fil de platine horizontal communiquant avec le pôle positif d'une batterie secondaire de 50 à 60 éléments ; puis, tenant à la main l'autre électrode, formée d'un fil de platine entouré, sauf à son extrémité, d'un étui isolant, on touche le verre, recouvert de la couche mince de solution saline, aux points où l'on veut graver des caractères ou un dessin.

« Un sillon lumineux se produit partout où touche l'électrode, et, quelle que soit la rapidité avec laquelle on écrive ou on dessine, les traits que l'on a faits se trouvent nettement gravés sur le verre. Si l'on écrit ou si l'on dessine lentement, les traits sont gravés profondément; leur largeur dépend du diamètre du fil de platine servant d'électrode ; s'il est taillé en pointe, ces traits peuvent être extrêmement déliés. On peut graver avec l'une ou l'autre électrode ; il faut toutefois un courant moins fort pour graver avec l'électrode négative, et la gravure est plus nette. » (G. PLANTÉ, *Recherches sur l'électricité.*)

GRÊLE. — Volta a fait intervenir le premier l'électricité dans la formation de la grêle, en supposant que les grêlons, renvoyés d'un nuage à un autre, comme les balles de la *grêle électrique*, se couvrent chaque fois d'une nouvelle couche de glace. Plus récemment. M. Faye, M. Luvini et G. Planté ont proposé d'autres théories électriques de la grêle, mais aucune n'est parfaitement satisfaisante.

G. Planté considère la grêle comme « résultant de la congélation, dans les hautes et froides régions de l'atmosphère, de l'eau des nuages pulvérisée et vaporisée par les décharges électriques. »

Par ses expériences sur les décharges électriques de haute tension, il a été amené à penser qu'il peut se produire une gerbe de globules aqueux, lorsqu'un nuage ou un courant aérien électrisé pénètre dans une autre masse nuageuse à l'état neutre ou moins fortement électrisée.

« De plus, en raison de la basse température de l'ensemble du nuage lui-même ou des régions élevées dans lesquelles le phénomène se produit, ces globules peuvent être congelés instantanément et donner naissance à des grêlons.

« L'intensité des phénomènes électriques que présentent généralement les orages à grêle, pendant lesquels les éclairs se succèdent d'une manière incessante et forment comme la dé-

charge continue d'un puissant courant d'électricité dynamique à haute tension, montre l'importance du rôle que doivent jouer les effets mécaniques et calorifiques dont il s'agit dans la production de la grêle.

« Lors des violents orages de grêle qui sévirent, en Suisse et en France, du 7 au 8 juillet 1875, 8 à 10,000 éclairs se succédaient par heure, en formant comme un immense incendie.

« Les mouvements violents qui se produisent au milieu des nuages d'où tombe la grêle, la transformation rapide des cirrus en nimbus, s'expliquent aussi par l'action calorifique des décharges électriques; car les nimbus apparus subitement ne peuvent provenir que de la vaporisation rapide et de l'eau condensée d'une partie des cirrus.

« Les déchirures multipliées des nuages à grêle, leurs formes déchiquetées, doivent également résulter de l'effet des décharges électriques.

« La forme ovoïde ou en pointe des grêlons, leurs aspérités ou protubérances, peuvent être attribuées à leur origine électrique, car, dans l'expérience ci-dessus, les globules ont aussi une forme ovoïde, et l'étincelle d'où ils jaillissent a l'aspect d'une couronne à pointes de flamme. »

A l'appui de cette théorie, l'auteur a fait un certain nombre d'expériences. Nous citerons la suivante.

« Si on plonge d'avance l'électrode négative d'une batterie de 400 couples secondaires environ dans un vase contenant de l'eau salée, et si on fait toucher l'électrode positive à la surface du liquide, il se produit une gerbe d'innombrables globules ovoïdes qui se succèdent avec une extrême rapidité, et sont projetés à plus de 1 mètre de distance du vase où se fait l'expérience.

« L'étincelle se présente, dans ce cas, à la surface du liquide sous la forme de couronne ou d'auréole à pointes multiples d'où jaillissent les globules aqueux. La métallité de l'électrode n'est pas nécessaire pour obtenir cet effet ; un fragment de papier à filtrer, humecté d'eau salée, en communication avec le pôle positif, produit également le phénomène (fig. 396).

« Si cette expérience de la gerbe était produite avec une tension plus élevée sur de l'eau ordinaire, dans une enceinte à très basse température, les gouttelettes projetées seraient évidemment solidifiées, et on aurait une reproduction artificielle plus complète du phénomène naturel (1). »

Pour éviter la difficulté d'employer une vaste enceinte refroidie, G. Planté s'est servi d'une solution concentrée de nitrate de potasse, chauffée près du point d'ébullition, de manière à ce que les gouttelettes projetées par la décharge électrique pussent se solidifier rapidement par le refroidissement à la température ambiante. En plaçant le vase à 2 mètres de hauteur, il obtint une grêle artificielle de nitrate de potasse (fig. 396).



Fig. 396. — Production artificielle de la grêle.

GRÊLE ÉLECTRIQUE. — Expérience servant à montrer les attractions et répulsions électriques. Des balles de sureau, placées entre deux plateaux métalliques reliés aux deux pôles d'une machine électrostatique ou bien à la machine et au sol, se chargent par influence et sont successivement attirées et repoussées par chacun d'eux.

GRISOU (Indicateur de). — Voy. Indicateur.

GRUE ÉLECTRIQUE. — Grue mise en mouvement par un moteur électrique. Ce moteur est généralement une dynamo qui reçoit le courant d'une autre dynamo, placée à une certaine distance. C'est une application de la transmission électrique de l'énergie.

La fonderie de canons de Bourges possède depuis 1882 une grue électrique d'une force portante de 20 tonnes, dont tous les mécanismes sont actionnés, séparément ou simultanément, par une machine Gramme pouvant développer 12 chevaux. La génératrice, placée à 300 mètres environ de la grue, est commandée par la transmission générale de l'usine, et absorbe au maximum environ 20 chevaux. Cette grue rend

(1) G. Planté, *Les phénomènes électriques de l'atmosphère.*

de tels services qu'on en a installé une seconde de 40 tonnes.

L'usine Farcot, à Saint-Denis, possède une grue électrique de 30 tonnes. La réceptrice est sur la grue; la génératrice, située à 90 mètres, donne 350 volts et 15 ampères. Avant qu'on employât l'électricité, la manœuvre exigeait 10 hommes pour les grosses pièces; un seul ouvrier suffit aujourd'hui et la vitesse d'ascension est plus que doublée. Le rendement entre le travail absorbé et celui qui résulte de l'élévation de la charge est de 38 p. 100.

Les magasins généraux de Roubaix emploient une grue électrique pour élever des balles de laine formant une charge de 500 à 600 kilogr. à 9 mètres de hauteur, et les mettre en place dans un rayon de 3,20 m. Elle est actionnée par deux machines Gramme; la génératrice absorbe 6,5 chevaux et donne 250 volts et 15 ampères. Le rendement industriel est de 61 p. 100. Les résultats sont excellents.

GUIDON ÉLECTRIQUE LUMINEUX. — Petit appareil imaginé par M. Trouvé, qui permet aux chasseurs de viser avec autant de précision au milieu de la nuit que pendant le jour. Il consiste en un petit fil de platine, disposé sur la ligne de mire, et qu'on porte à l'incandescence au moyen d'une pile. Ce fil est placé dans un petit tube de verre, entouré lui-même d'un étui métallique ; cet étui est percé d'une fenêtre du côté du chasseur, qui peut seul apercevoir le guidon incandescent. Une petite pile à



Fig. 397. — Guidon électrique lumineux.

renversement, de la grosseur du petit doigt, s'adapte au canon de l'arme, parallèlement à ce dernier, au moyen de deux bracelets en caoutchouc. Quand on abaisse le canon pour viser, le liquide vient baigner le zinc : la pile fonctionne, et le guidon s'éclaire. Dès qu'on relève l'arme, les pôles sortent du liquide, et la pile cesse de s'user. La figure 397 montre le mode d'emploi de ce petit appareil.

GUIPAGE. — Couche de coton, de soie, ou d'une autre substance isolante, tissée au métier autour d'un fil ou d'un câble électrique.

GUTTA-PERCHA. — Cette substance, appelée aussi *gomme plastique*, *gomme de Sumatra*, *gomme gettania*, s'extrait de deux arbres de la famille des Sapotées, l'*Isonandra percha* et le *Sapota Mulleri*, qui croissent à Bornéo, dans l'île de Singapore, etc.

La gutta-percha brute, obtenue par évaporation à l'air du latex de ces arbres, nous arrive en poires ou pains de couleur rouge ou grisâtre. Bien épurée, elle est à peu près incolore. Elle est, comme le caoutchouc, insensible à l'action de l'air, de l'humidité, de l'eau froide, mais elle n'est pas extensible comme lui. Malheureusement, elle éprouve avec le temps, au contact de l'air et de la lumière, une oxydation superficielle qui la durcit, la fendille, et lui fait perdre une partie de ses qualités.

La gutta est un bon isolant; elle est très employée dans la fabrication des câbles (voy. ce mot).

GYMNOTE. — Poisson possédant derrière les branchies un appareil électrique. (Voy. Électrogène.)

Nom donné à un torpilleur électrique. (Voy. Torpilleur.)

GYROSCOPE. — Le gyroscope de Foucault st destiné à mettre en évidence la rotation de ı terre, par suite de l'immobilité, dans l'esace, du plan de rotation d'un tore animé d'un ıouvement suffisamment rapide. M. Trouvé construit, en 1865, un gyroscope électrique. Le tore A, représenté séparément en coupe ig. 398), renferme un électromoteur du même onstructeur, recouvert d'une couche de cuire galvanique. Ce tore est mobile autour d'un xe d'acier, terminé par des pointes de rubis, ui pénètrent dans des cavités creusées dans le cercle de cuivre C. Celui-ci est fixé de même dans un cercle de fer B, qui participe au mouvement de la terre, et le tout est suspendu par un fil inextensible au centre d'un cercle divisé DE. Le tore reçoit le courant par deux pointes de platine GH plongeant dans deux godets de mercure. Une aiguille indicatrice, fixée au cercle C, et par suite immobile dans l'espace, montre le mouvement de la terre par son déplacement apparent sur le cercle DE, qui participe à ce mouvement.

Cet appareil présente sur les gyroscopes ordinaires cet avantage que la rotation peut être observée pendant un temps beaucoup plus long; le résultat est donc beaucoup plus précis.

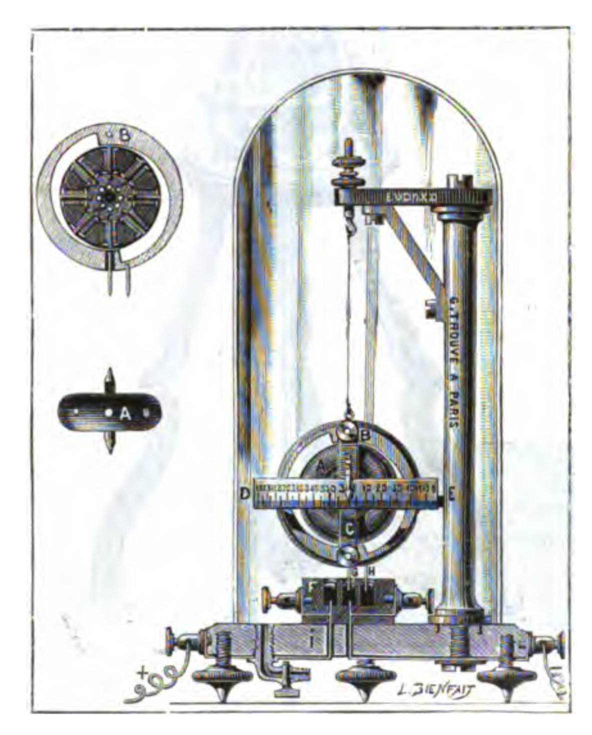


Fig. 398. — Gyroscope électrique.

M. de Fonvielle a construit également un gyroscope électrique.

M. Trouvé a modifié récemment son gyroscope dans le but de l'employer à la vérification des boussoles marines. Dans ce nouveau modèle (fig. 399), la masse et la vitesse du tore ont été accrues dans une proportion considérable, afin de rendre insensible l'influence des causes perturbatrices. La vitesse atteint 400 tours par seconde.

Le nouvel instrument se compose des mêmes organes que l'ancien; seules leurs formes et leurs dispositions ont été légèrement modifiées.

Le tore électromoteur, d'un poids de plusieurs kilogrammes, est constitué intérieurement par un anneau induit assez aplati pour occuper la partie médiane même du tore.

Ainsi construit et muni de son axe et de son commutateur, cet anneau est, comme précédemment, noyé dans un ciment spécial, passé au tour, équilibré, plongé dans un bain de cuivre pendant plusieurs jours et, quand le dépôt de métal atteint une épaisseur suffisante, de

nouveau il est passé au tour et exactement équilibré.

L'inducteur est un anneau de fer à pôles conséquents dans lequel tourne concentriquement le tore électromoteur. Sur cet anneau, qui porte l'aiguille indicatrice des déplacements de l'appareil (en réalité l'appareil est immobile dans l'espace absolu et ce sont les objets terrestres qui tournent autour de lui) sont fixés deux montants de cuivre formant une cage rectangulaire qui sert de point d'appui à l'axe du tore. L'inducteur et l'induit sont montés en série.

Tout le système est supporté par une suspension à la Cardan, au moyen d'un axe vertical terminé par des pointes qui pivotent dans des crapaudines d'agate, comme l'axe du tore lui-même.

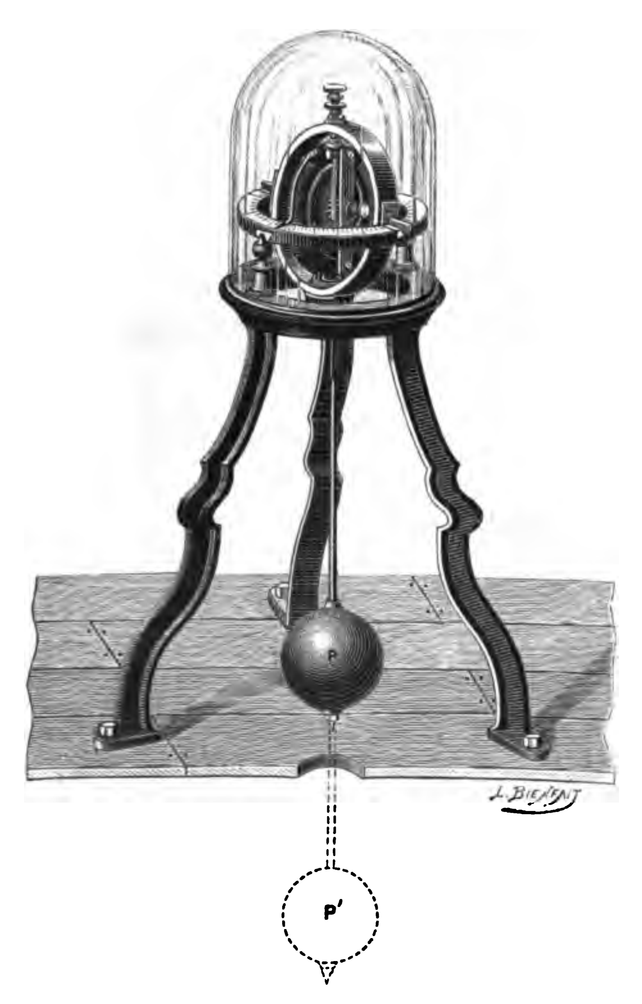


Fig. 399. – Gyroscope marin.

A la suspension de Cardan est adjoint un pendule à tige rigide qui est sur le prolongement de l'axe du système et lui donne une verticalité parfaite, malgré les oscillations continuelles du bâtiment. On conçoit en effet que les faibles inclinaisons subies par l'appareil sont d'autant plus petites que le pendule est plus long, puisqu'elles se trouvent réduites dans le rapport de la longueur du pendule au rayon du tore. Comme le montre le pointillé de la figure, ce pendule peut être prolongé au-dessous même du plan d'appui de l'instrument.

Quant au courant, il est envoyé dans l'électromoteur comme dans le gyroscope électrique précédent, au moyen de deux petites tiges de platine isolées de l'ensemble et plongeant dans

deux petites cuves, circulaires et concentriques, remplies de mercure.

Ainsi constitué, le nouveau gyroscope n'a plus à redouter ni le tangage, ni le roulis du navire et se trouve disposé pour corriger la boussole avec sûreté; en de nombreuses conjonctures, en effet, l'aiguille aimantée s'affole : pendant la manœvre des canons, les temps orageux, les aurores polaires et surtout à la suite d'une chute de la foudre sur le bâtiment.

L'axe de rotation du gyroscope électrique, au contraire, est absolument invariable dans l'espace, et, si on a eu soin de l'orienter, une fois pour toutes, dans une position connue, celle-ci devient un point de repère parfaitement stable.

GYROTROPE. — Ampère a donné ce nom à un commutateur formé d'une sorte de bascule qui plonge alternativement dans quatre godets de mercure, reliés d'une manière convenable aux deux pôles de la source. Nous avons décrit plus haut un appareil analogue (Voy. COMMUTATEUR).

H

HALL (PHÉNOMÈNE DE). — Voy. PHÉNOMÈNE DE HALL.

HAMEÇON ÉLECTRIQUE. — Appareil assez compliqué dans lequel la ligne est fixée à un flotteur qu'on lance, à l'aide d'un rouage, à une distance quelconque. Le poisson, en mordant l'appât, ferme un circuit contenant un petit appareil électro-magnétique qui tire immédiatement la ligne hors de l'eau, et une sonnerie qui avertit le pêcheur de retirer le système.

HAVEUSE ÉLECTRIQUE. — Machine servant à abattre le charbon dans les mines et mue par un moteur électrique, ordinairement une machine Gramme (application de la transmission de l'énergie).

La « Sperry Electric mining machine C° » a exposé en 1889 une haveuse inventée par M. Sperry et qui donne de très bons résultats. Nous empruntons à la *Revue internationale d'électricité* la description de cet instrument.

« Une manivelle agissant sur une tige sert à serrer ou à détendre un ressort très puissant. Elle n'est pas fixée d'une manière rigide sur l'arbre moteur, mais disposée de façon à ne faire corps avec lui que lorsque l'effort exercé sur elle est contraire à la direction de la rotation. Lorsque cette force est renversée et coïncide avec le sens de la révolution, la manivelle est dégagée de l'arbre et permet à l'outil d'être projeté en avant. La tige est munie d'une fente, de sorte que, si l'outil est arrêté dans son travail avant la fin de sa course, la manivelle, en raison de sa force acquise, dépassera l'autre point mort et permettra un mouvement de retrait proportionnel à la longueur de la tige ; à ce moment, elle fait instantanément corps avec l'arbre moteur en rotation et est obligée de faire immédiatement le reste de sa course. Lorsque ce mouvement est terminé, l'outil est dégagé automatiquement et il se produit un nouveau choc très énergique. Ce système convient parfaitement pour les argiles dures ou la houille et a résisté aux plus forts travaux qu'on lui ait imposés.

« Cet appareil a l'avantage de diminuer considérablement les frais d'installation par rapport aux machines à air. Une dynamo coûtant 4000 francs, installée sur le sol de la halle des machines, remplace une forte machine à air comprimé revenant à 18 000 francs et exigeant des fondations lourdes et dispendieuses. Toute machine à vapeur peut actionner la dynamo ; l'eau serait également une force avantageuse et économique.

« Voici quelques renseignements intéressants fournis par l'inventeur, M. Elmer Sperry.

Force absorbée par la dynamo génératrice pour chaque haveuse.	2,55 chevaux.
Watts fournis par la génératrice..	1579 watts.
Watts transmis au moteur........	1532 —
Longueur du circuit..............	1000 mètres.
Puissance de l'outil...............	1,73 cheval.
Perte dans la transmission........	2,25 volts.
Intensité du courant (courant constant)...........................	20 ampères.
Différence de potentiel...........	80 volts.
Rendement du moteur............	80 p. 100.

HÉLICE MAGNÉTISANTE. — Fil isolé enroulé en spirale et parcouru par un courant électrique, de sorte qu'un barreau placé à l'intérieur s'aimante, temporairement s'il est en fer doux, et d'une façon permanente s'il est

en acier. Suivant son sens d'enroulement, l'hélice est dite *dextrorsum* ou *sinistrorsum*.

HÉLIOGRAVURE. — Voy. PHOTOGRAVURE.

HÉMOPHONE. — Appareil électrique qui s'applique à un malade et avertit automatiquement s'il se produit une hémorrhagie.

HOLTZ (MACHINE DE). — Voy. MACHINES ÉLECTROSTATIQUES.

HOLTZ (TUBE DE). — Tube analogue à ... de Geissler, montrant l'influence des p... sur la direction des courants dans ces app... Ce tube (fig. 400) contient des *soupapes* ... *ques*, formées de petits entonnoirs en ... dont les pointes sont tournées en sen... traires dans les deux branches. En relian... deux électrodes avec une bobine d'indu...



Fig. 400. — Tube de Holtz.

on constate que la décharge ne traverse qu'un des deux tubes, ou au moins les traverse tous deux très inégalement. Elle passe de préférence du pôle positif au pôle négatif en pénétrant dans les entonnoirs par la pointe.

HOMOLOGUE. — Se dit du pôle qui, dans un corps pyro-électrique, devient positif par une élévation de température et négatif par un refroidissement. L'autre pôle est appelé *antilogue*.

HORLOGE ÉLECTRIQUE. — Horloge dont le mouvement est produit ou régularisé par l'électricité. L'électricité peut agir dans ces appareils de plusieurs manières différentes.

Horloges mues par l'électricité. — Dans les horloges les plus simples, le moteur mécanique, poids ou ressort, est complètement supprimé : c'est l'énergie fournie par la pile elle-même qui entretient le mouvement du balancier et par suite celui du mécanisme entier. On obtient ainsi des appareils relativement simples et fonctionnant d'une manière continue, sans avoir besoin d'être remontés, jusqu'à l'épuisement de la pile.

Dans certains modèles, le mouvement du pendule lance, puis interrompt, à intervalles réguliers, un courant qui fait monter un petit contre-poids d'une hauteur déterminée. Ce poids, retombant chaque fois de la même hauteur, communique au mécanisme une impulsion toujours identique. Dans d'autres systèmes, l'action du courant est utilisée pour bander un ressort d'une quantité toujours la même.

Enfin, dans le modèle représenté par la figure 401, un électro-aimant, placé à gauche du balancier, qui porte à la partie inférieure une traverse de fer doux, l'attire de ce côté ... il est animé par le courant; lorsqu'au con... le circuit est interrompu, le pendule, ... par la pesanteur, fait une oscillation ...



Fig. 401. — Horloge électrique à demi-secon...

droite. Le balancier lui-même comman... moment convenable le mouvement de l'in... rupteur qu'on voit auprès de l'électro-aim...

Les dispositions de ce genre servent sur... à construire des appareils simplifiés : elle... l'inconvénient d'utiliser sans cesse l'éner... la pile, qui par suite s'use assez rapidemen...

Nous citerons cependant le régulateur

M. Lombard qui se fait remarquer par une construction très simple; il est fondé sur un principe analogue et sert à la distribution de l'heure. Il se compose d'un pendule, d'environ 1 mètre de longueur, monté sur couteaux en acier (fig. 402), dont le mouvement est entretenu par un petit électro-aimant, et qui distribue l'heure à des cadrans en nombre quelconque, en lançant des courants toutes les 20 secondes.

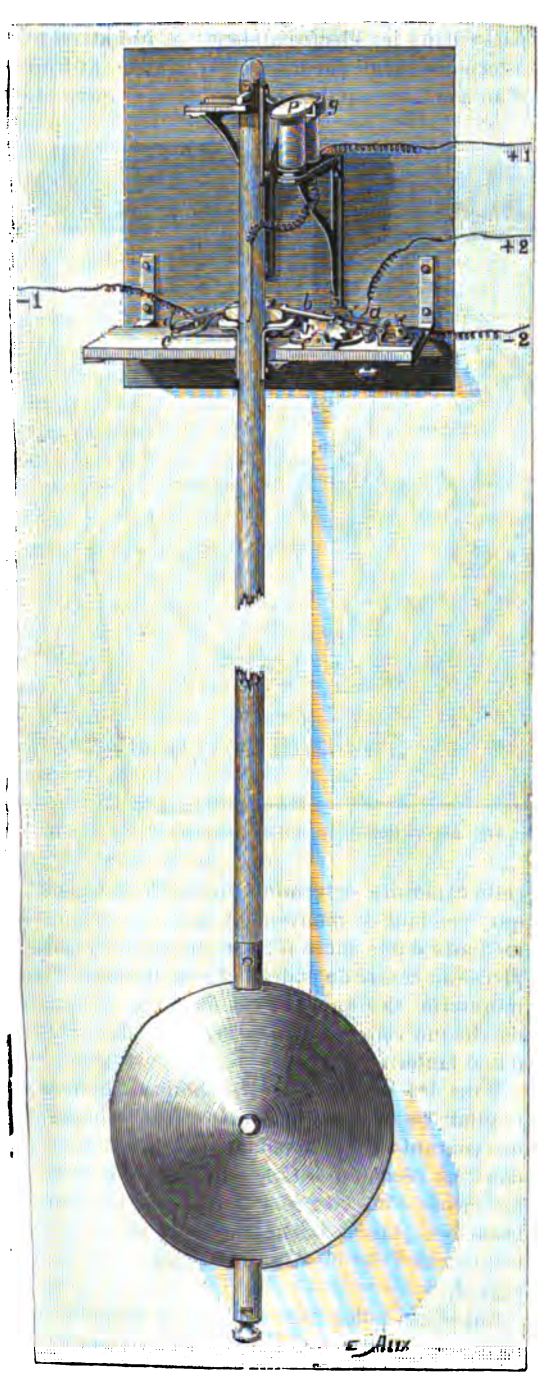


Fig 402. — Régulateur Lombard.

Pour entretenir le mouvement, le pendule porte, vers le haut de sa tige, une petite cuvette *g*, percée à jour, et renfermant une armature de fer doux *p*.

Le courant d'une pile de deux éléments au sulfate de cuivre passe par le fil +1, traverse l'électro-aimant, file le long de la tige du balancier et vient à l'interrupteur *c*, pour passer en *d* et retourner par — 1 à la pile.

Le pendule étant lancé, le courant ne passe que juste au moment où l'électro-aimant est à 2 millimètres environ de l'armature, lorsque le petit doigt *c* est en contact avec la partie inférieure du plan incliné *d*. Cette attraction rend au pendule, à chaque oscillation, la force vive qu'il a perdue à l'oscillation précédente.

L'appareil pour la distribution de l'heure se voit à droite de la figure. Un doigt mobile *b* actionne un rochet de 10 dents portant une touche qui, à chaque tour du rochet, c'est-à-dire toutes les 20 secondes, fait communiquer les bornes +2 et —2 et lance le courant de piles Leclanché dans tous les cadrans récepteurs. L'aiguille de ces appareils, analogues à des récepteurs de télégraphes, avance alors d'un tiers de minute.

Enfin la remise à l'heure peut se faire très simplement à une heure quelconque de la journée, en lançant un courant électrique qui actionne un doigt *b* venant arrêter, à tous les cadrans, l'aiguille des minutes juste sur l'heure. Quand on interrompt le courant, les aiguilles repartent toutes ensemble.

Horloges régularisées par l'électricité. — Dans les horloges de précision, on se contente d'ordinaire d'employer l'électricité à régulariser le mouvement, les plus petites différences de durée d'oscillation étant appréciables dans ces instruments. On obtient une régularité très satisfaisante par le procédé suivant : les oscillations du balancier allant, comme on sait, en diminuant d'amplitude, lorsqu'elles ont atteint une valeur minimum fixée d'avance, le balancier lui-même lance un courant dans un électro-aimant qui l'attire et lui fait reprendre sa déviation primitive.

Tel est le principe de l'horloge de M. Hipp. Le pendule porte à sa partie inférieure une traverse horizontale de fer doux et au-dessous une petite languette, mobile autour d'un axe

horizontal qui la traverse à la partie supérieure.

Sur le socle est placé, en dehors du plan de symétrie, un électro-aimant dont les deux bobines sont verticales. Entre ces deux bobines est placée une lame de ressort horizontale, fixée à l'une de ses extrémités. L'autre extrémité est libre : à l'état normal elle se relève légèrement et s'appuie sur la pointe d'une vis isolée ; lorsqu'elle s'abaisse un peu sous l'action du pendule, elle vient toucher le sommet d'une tige métallique et ferme un circuit qui contient une pile et l'électro-aimant. Pour que ce contact se produise, le ressort porte sur sa face supérieure une pièce de métal présentant deux encoches.

A chaque oscillation, la languette qui termine le pendule touche cette pièce métallique; mais, tant que l'amplitude est assez grande pour que le pendule la dépasse, la languette s'infléchit et glisse sur elle sans appuyer. L'amplitude diminuant, il arrive un moment où l'oscillation se termine au-dessus de cette pièce métallique ; l'extrémité de la languette s'arrête dans une des encoches, et cette languette, se redressant au moment où le mouvement du pendule change de sens, appuie sur le ressort et ferme le circuit. L'électro-aimant attire alors la traverse de fer doux du balancier et donne à celui-ci une nouvelle impulsion.

Transmission de l'heure par l'électricité. — Il se présente souvent dans la pratique un problème plus compliqué ; au lieu d'une seule horloge indépendante, on a un certain nombre d'horloges qui doivent marquer la même heure. Plusieurs systèmes peuvent être employés pour obtenir ce résultat. Ainsi l'on peut disposer en un point une horloge dont la marche est aussi parfaite que possible, qui sert de régulateur et envoie automatiquement, par exemple toutes les secondes ou toutes les minutes, un courant dans un ou plusieurs circuits. Ces courants traversent un ou plusieurs appareils, ressemblant plus ou moins à un récepteur de télégraphe à cadran, et font avancer dans chaque appareil l'aiguille des minutes de l'angle voulu. Une minuterie ordinaire entraîne l'aiguille des heures.

Tel est l'appareil représenté figure 403, qui peut s'appliquer dans un socle de pendule ordinaire ou se fixer, comme on le voit ici, sur une plaque de verre qui permet de l'éclairer par derrière pendant la nuit. Le courant, lancé toutes les minutes par une horloge régulatrice, passe dans les électro-aimants E, qui attirent alternativement l'armature A, mobile autour d'un axe horizontal. L'extrémité inférieure de cette armature se termine par une fourchette *t*, qui, pendant ce mouvement, agit, par l'intermédiaire d'une ancre *ii'*, sur une roue à rochet placée au centre du cadran et qui commande la minuterie. Cet appareil est en usage à Lyon, où chaque cadran est fixé sur l'une des vitres d'une lanterne à gaz.

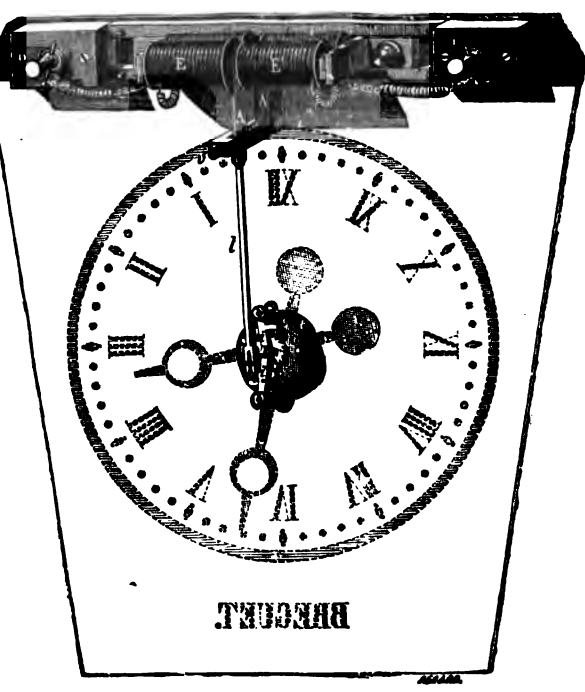


Fig. 403. — Horloge répétitrice à minutes.

Dans les horloges de M. Thomas, l'horloge régulatrice envoie, toutes les demi-minutes, des courants alternativement de sens contraires dans les récepteurs. Chacun de ces récepteurs est formé d'un électro-aimant, dont les deux branches, placées horizontalement sur le prolongement l'une de l'autre, ont leurs pôles en regard.

Entre ces pôles peut tourner un aimant en forme de S, qui commande la minuterie. Lorsque le transmetteur lance un courant, les pôles de l'aimant viennent se placer devant ceux de l'électro, de sorte que les pôles contraires soient en présence, et l'aimant reste dans cette position. Au bout d'une demi-minute, un courant

de sens contraire est lancé dans l'électro, dont les pôles changent de signes. L'aimant est alors repoussé et fait une demi-révolution. Une demi-minute après, un nouveau courant rendant à l'électro sa première polarité, l'aimant fait un demi-tour en sens contraire. Des buttoirs limitent, dans chaque cas, l'excursion de l'aimant, dont les oscillations font marcher la minuterie.

Remise à l'heure par l'électricité. — Le plus souvent, au lieu d'un récepteur mû uniquement par l'électricité, et qui risque de s'arrêter, si quelque contact ne s'établit pas régulièrement, on préfère placer à chaque station une horloge ordinaire qui pourrait à elle seule donner l'heure avec une exactitude suffisante, même si la distribution électrique venait à se trouver interrompue. L'électricité n'est plus employée dans ce cas que pour ramener, à intervalles égaux et plus ou moins longs, une concordance exacte entre les diverses horloges et le régulateur principal. Cette disposition donne ordinairement des résultats un peu moins exacts, mais on n'est pas exposé à se voir privé de toute indication, si l'oxydation d'un contact ou la présence de quelques grains de poussière vient à arrêter le courant.

L'Administration municipale a fait établir dans la ville de Paris des horloges, actuellement au nombre de 15, qui sont reliées électriquement à une horloge de précision placée à l'Observatoire, de manière à marcher synchroniquement avec elle.

Cette distribution possède à la fois les avantages du système de transmission que nous venons de décrire, et ceux du système de remise à l'heure que nous allons exposer, car les récepteurs sont des horloges ordinaires, qui pourraient continuer à marcher sans le secours de l'électricité, et, d'autre part, la remise à l'heure se faisant toutes les secondes, les indications sont aussi exactes qu'avec les appareils précédents.

La marche de l'horloge régulatrice est chaque jour mise d'accord avec les observations astronomiques, en plaçant de petits poids dans une boîte fixée à la tige du pendule ou en les enlevant, suivant que l'horloge avance ou retarde. D'autre part le pendule porte, de chaque côté de sa tige, qui est conductrice, un bras métallique; chacun de ces bras vient, à chaque oscillation, toucher, pendant un instant très court, trois lames de platine, fixées à une traverse horizontale; ce contact ferme un circuit et envoie un courant dans les horloges réceptrices. Une seule lame suffirait pour établir le contact; il y en a trois par précaution, et pour qu'on puisse au besoin nettoyer chacune d'elles, sans arrêter la marche de l'appareil.

Les horloges réceptrices sont disposées pour avancer d'une très petite quantité, $\frac{1}{4320}$ de seconde par oscillation, sur l'horloge principale. Leur balancier se termine par une traverse de fer doux, au-dessous de laquelle sont disposés deux électro-aimants verticaux, placés de part et d'autre du plan de symétrie. Cette horloge reçoit du régulateur un courant à chaque seconde; ce courant est lancé alternativement dans chacun des deux électro-aimants, qui attirent la traverse de fer doux et retardent légèrement le mouvement du pendule, de manière à le remettre en parfait accord avec l'horloge type.

Souvent on ne recherche pas une précision aussi grande. Dans certains appareils, le courant, lancé à midi précis par le régulateur, a pour effet de soustraire, dans toutes les horloges, les deux aiguilles à l'action du mécanisme pendant un instant très court, et de les ramener toutes deux sur la verticale, quel que soit le sens de la différence, avance ou retard. Dans d'autres dispositions au contraire, les balanciers de toutes les horloges sont un peu plus courts que celui du régulateur, de sorte qu'elles sont toutes un peu en avance, mais d'une quantité variable. Ces horloges sont reliées au régulateur par un circuit sur lequel elles sont montées en dérivation : chacune de ces dérivations est ouverte, et le circuit principal l'est aussi au régulateur. Quelques miuutes avant midi, celui-ci ferme le circuit principal, ce qui n'a aucun effet sur les horloges, puisque les dérivations restent ouvertes. Mais, à mesure que chacune d'elles arrive à midi, elle ferme sa propre dérivation, et le courant qui la traverse arrête son mécanisme tout en laissant le balancier battre librement. Toutes les horloges s'arrêtent donc successivement, suivant qu'elles ont plus ou moins d'avance sur le régulateur. Quand le régulateur marque midi à son tour, il ouvre le circuit principal et interrompt le courant ; toutes les horloges repartent au même instant et indiquent alors exactement la même heure que l'horloge type.

La figure 404 montre les parties essentielles de ce mode de remise à l'heure, à droite le régulateur avec sa pile et à gauche une des horloges auxiliaires montée en dérivation sur le circuit principal. Lorsqu'une de ces horloges

arrive à midi, elle ferme sa dérivation en amenant au contact les deux pièces d'un commutateur, et, comme le circuit principal est déjà fermé par le régulateur, le courant traverse

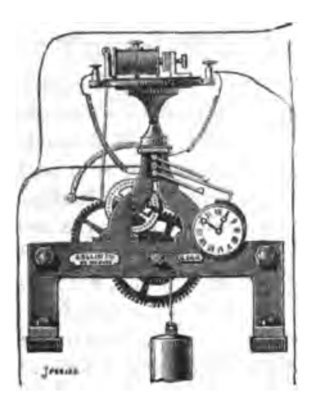
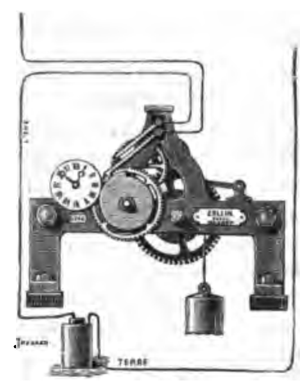



Fig. 404. — Remise à l'heure par l'électricité.

l'électro-aimant placé au haut de la figure; celui-ci attire son armature, qui porte un levier muni à l'extrémité inférieure d'une goupille qui vient s'engager dans une roue dentée et arrête le mécanisme, le balancier continuant à osciller. Quand le régulateur marque midi, il ouvre le circuit principal; les électros abandonnent leurs armatures et toutes les horloges repartent.

Il existe aussi des dispositions du même genre qui empruntent pour quelques instants, au moment du réglage, les fils d'une ligne télégraphique déjà existante et rétablissent automatiquement les communications dès qu'il est terminé. On peut même utiliser encore le réseau pour l'envoi d'un signal d'alerte en cas d'incendie.

Les horloges des chemins de fer de l'Est sont remises à l'heure par un système analogue, étudié par MM. G. Dumont et Henry Lepaute, et qui utilise les fils télégraphiques pendant cinq minutes toutes les douze heures, ce qui ne peut gêner en rien le service des dépêches.

Il faut pour cela isoler les appareils télégraphiques au moment voulu et relier en même temps les horloges avec la ligne. Dans ce but, chaque horloge de gare est munie d'un commutateur formé d'un électro-aimant, dont l'armature porte deux ressorts isolés, communiquant avec les fils de ligne. En temps normal, les ressorts touchent deux buttoirs reliés au poste télégraphique, et l'échange des dépêches peut s'effectuer. A douze heures moins trois minutes, un organe mû par l'horloge et décrit plus loin ferme le circuit d'une pile locale sur l'électro, qui attire son armature; les [illegible] ressorts quittent les premiers butoirs [illegible] venir au contact de deux autres; le poste [illegible] graphique se trouve ainsi isolé tant que [illegible] le courant local, c'est-à-dire p[illegible] cinq minutes.

C'est une horloge spéciale, p[illegible] à Paris et parfaitement régul[illegible] qui remet à l'heure les horlo[illegible] réseau, au moyen de la disp[illegible] représentée (fig. 405). La ro[illegible] commandée par cette horloge, fa[illegible] tour en une heure; la goupille [illegible] donc toutes les heures sur les l[illegible] *a* et *b* destinés à fermer le circ[illegible] la pile P sur la ligne télégraph[illegible] Ces deux leviers forment un com[illegible] tateur système Madeleine, qui per[illegible] de fermer et d'ouvrir un circu[illegible] moment voulu, et pendant une [illegible] très précise. La goupille *g* s[illegible] d'abord les deux leviers, qui ont une long[illegible] un peu différente; la roue R continuant [illegible] mouvement, le levier *b*, dont le bras est le [illegible] court, échappe le premier et tombe sur le b[illegible] toir B, ce qui le met en contact avec le ress[illegible] une minute après, le levier *a* échappe à [illegible] tour et, comme son extrémité est garnie d[illegible] matière isolante *i* et que sa longueur est un [illegible] plus grande, il écarte le ressort *r* du lev[illegible] et interrompt le courant.

Mais il faut remarquer que la ferme[illegible] produite par ce commutateur n'est utile q[illegible] l'armature A est au contact du buttoir *h*, [illegible] cette armature A est attirée par l'él[illegible] aimant E. Or cette attraction n'a lieu que [illegible] les douze heures, lorsque le commutateur [illegible] identique à *ab*, ferme le circuit de la p[illegible] locale P', sous l'action du limaçon formé p[illegible] roue S, qui fait un tour en 12 heures. [illegible] fermeture ainsi réalisée dure cinq minut[illegible] ainsi que nous l'avons dit plus haut.

Les horloges réceptrices sont munies [illegible] commutateur décrit plus haut, qui est actio[illegible] par une pile locale de la même façon que [illegible] de l'horloge distributrice. A 11 h. 59 minu[illegible] cette pile envoie, comme nous l'avons vu, [illegible] courant de 60 secondes qui traverse l'électr[illegible] (fig. 406), et tend à attirer l'armature pla[illegible] au-dessus; mais celle-ci ne peut obéir à l'a[illegible] traction que lorsque l'extrémité du levier [illegible] tombe dans l'encoche du limaçon C, c'est-[illegible] dire lorsque l'horloge réceptrice marque 12 h[illegible] res juste. Elle entraîne alors le levier B, [illegible] retient par son crochet la goupille *g* [illegible]

sur la fourchette F ; cette dernière se trouve arrêtée et l'horloge reste à 12 heures jusqu'à ce que, le courant cessant de passer dans l'électro E, le ressort relève l'armature et dégage la goupille *g*. A ce moment précis, l'horloge distributrice et les réceptrices marquent toutes 12 heures exactement et ces dernières se remettent en marche.

On ne peut corriger ainsi qu'une avance de 2 minutes par jour ; les régulateurs qui varieraient davantage seraient retirés du service.

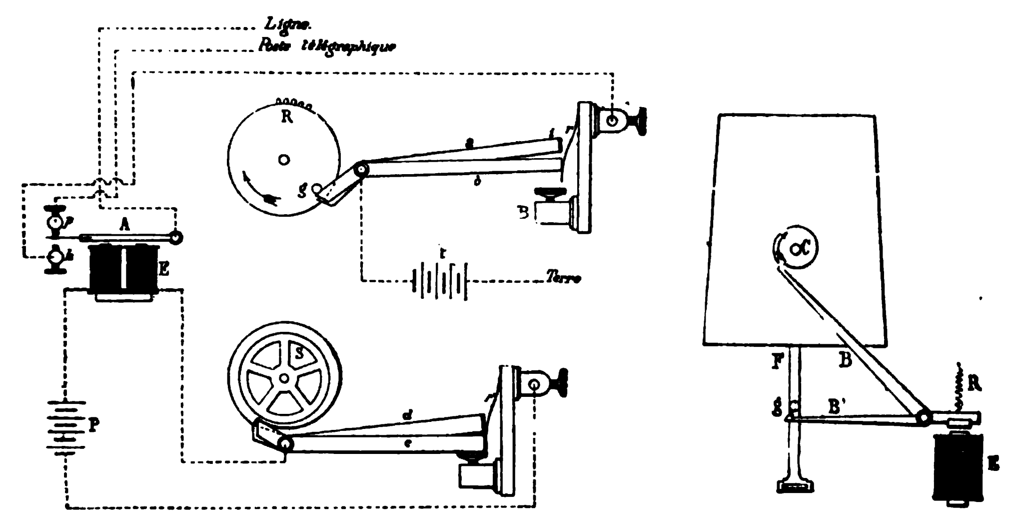


Fig. 405. — Mécanisme de l'horloge distributrice. Fig. 406. — Mécanisme d'une horloge réceptrice.
(Figures communiquées par MM. G. Dumont et Henry Lepaute.)

En réalité, la ligne est reliée à l'armature A non pas directement, comme le suppose le schéma de la figure 405, mais par l'intermédiaire d'un commutateur de sûreté (fig. 407), destiné à assurer les communications dans le cas d'arrêt ou de dérangement de l'horloge. C'est un disque isolant R, portant sur sa circonférence des lames métalliques qui font communiquer les frotteurs qui appuient sur elles. En temps normal, les lignes communiquent avec le poste télégraphique par le commutateur représenté ci-dessus; mais si l'on fait faire $\frac{1}{8}$ de tour à la roue R, les lignes sont reliées directement à ce poste et le commutateur de l'horloge est hors circuit.

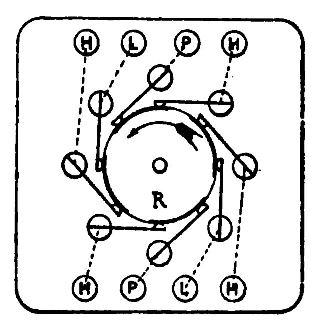


Fig. 407. — Commutateur de sûreté.

La figure 408 montre le schéma général des communications électriques établies pour la remise à l'heure entre les gares de Paris, Troyes et Vesoul. Ce système fonctionne depuis 1887 sans interruption.

La figure 409 représente une horloge destinée à l'Hôtel de Ville de Paris, et offerte à la Ville par la maison Henry Lepaute. Elle a 3 mètres de longueur et 2,70 m. de hauteur. Son mouvement est réglé par un pendule compensateur qui fait 3,000 oscillations par heure. La remise à l'heure est due à un système automatique, imaginé par MM. Rédier et G. Tresca, qui corrige également l'avance et le retard.

Ce système se compose d'un pendule additionnel oscillant en même temps que le premier, mais suspendu par une corde enroulée autour d'une poulie P (fig. 410), qui peut tourner dans un sens ou dans l'autre, suivant qu'elle est actionnée par l'un ou l'autre des deux rouages à ressort RR' placés de chaque côté, et terminés par les volants VV'.

Un électro-aimant E, placé au-dessus de la cage de l'appareil, porte une palette terminée par une pièce qui, au repos, arrête les deux

volants, et les abandonne lorsqu'un courant traverse l'électro.

Autour d'un axe, placé un peu au-dessous de celui de la poulie, peut osciller un levier L, terminé à la partie supérieure par une pièce en forme de T, sur laquelle viennent butter les

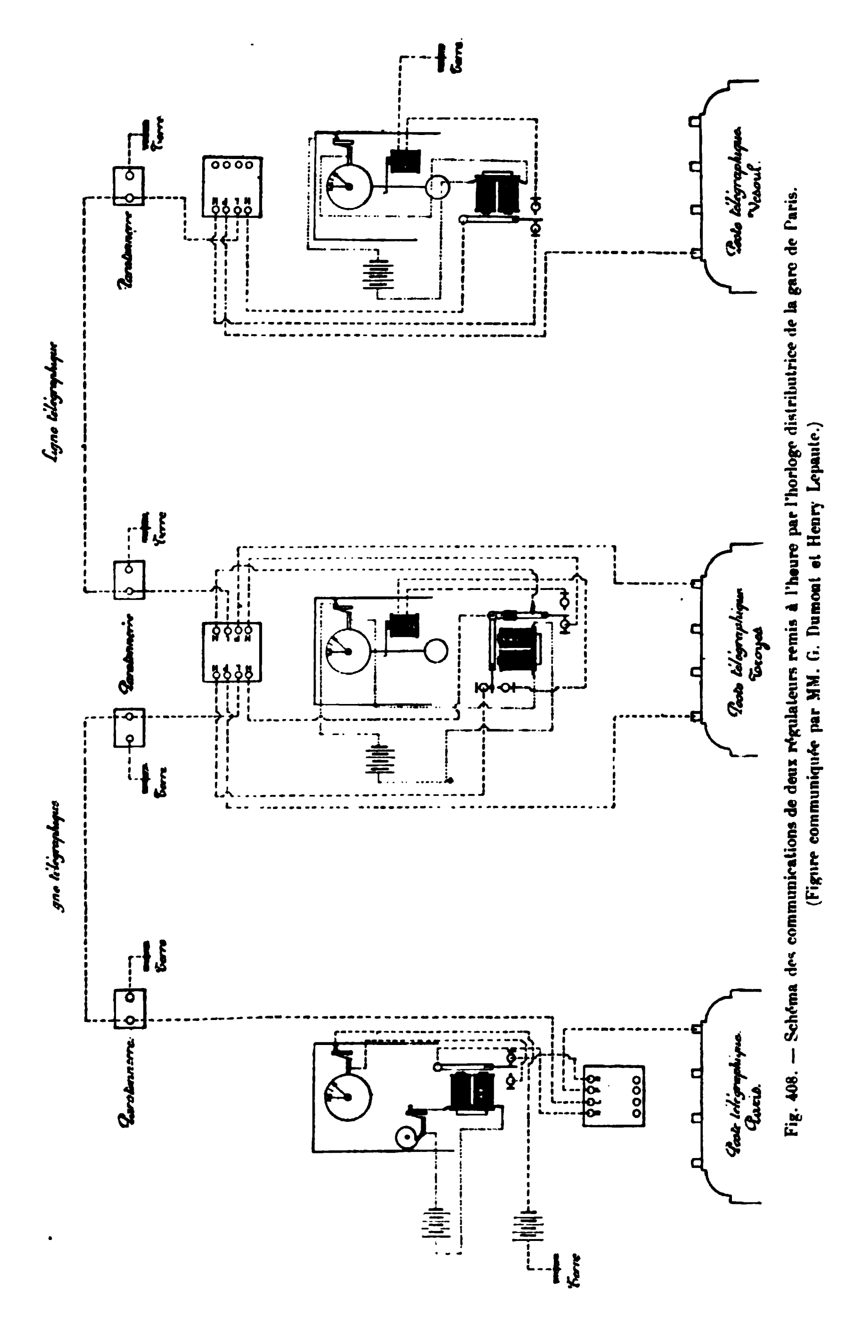


Fig. 408. — Schéma des communications de deux régulateurs remis à l'heure par l'horloge distributrice de la gare de Paris. (Figure communiquée par MM. G. Dumont et Henry Lepaute.)

deux volants VV', lorsque le levier L est parfaitement vertical. Ce levier vient s'appuyer par son extrémité inférieure sur une roue A munie d'une entaille, et qui fait exactement un tour par heure, lorsque l'horloge est bien réglée.

Toutes les heures, l'horloge type envoie dans l'électro E un courant qui dure 30 secondes : il commence à 57,5 minutes et cesse à 58 minutes. A ce moment l'entaille de la roue A rencontre l'extrémité du levier L, dont la pièce

en T s'incline et abandonne l'un des rouages, qui tourne pendant 15 secondes. Au bout de ce temps, le levier L, remontant sur la roue A, vient arrêter le volant en mouvement et dégage l'autre pendant les 15 secondes suivantes. La poulie P tourne donc pendant 15 secondes dans un sens, et pendant les 15 secondes suivantes en sens contraire. Si le premier mouvement a fait descendre le pendule additionnel d'une certaine quantité, le second l'a fait remonter d'une quantité égale, et l'horloge n'est pas déréglée.

Si l'horloge est en retard, l'entaille de A rencontre le levier L un certain temps après l'é-

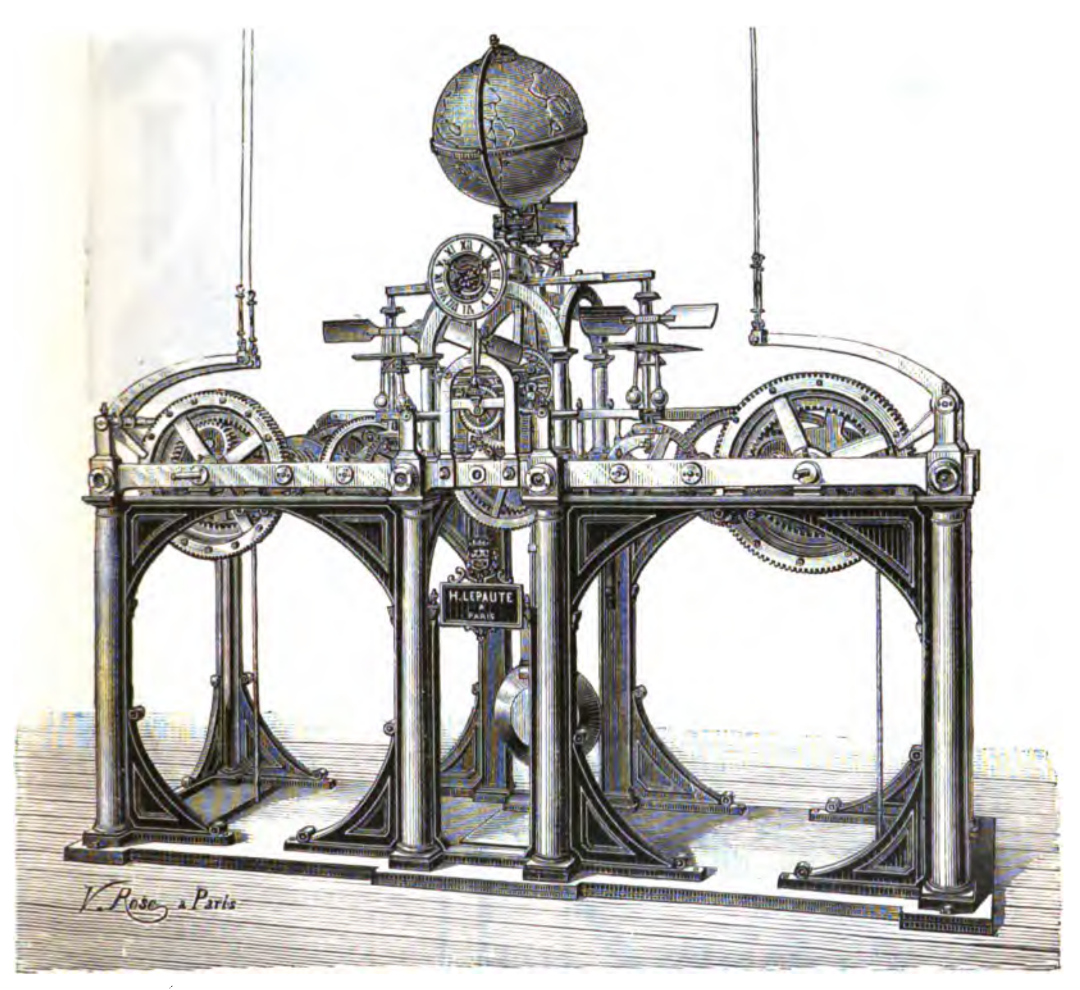


Fig. 409. — Horloge de l'Hôtel de Ville de Paris, construite par la maison Henry Lepaute.

mission du courant; l'un des rouages tourne plus longtemps que l'autre, et le pendule additionnel remonte plus qu'il ne descend, ce qui fait avancer l'horloge. L'effet inverse se produit si l'horloge avance.

L'horloge de l'Hôtel de Ville est pourvue en outre d'un distributeur électrique qui envoie toutes les 30 secondes un courant dans un certain nombre de cadrans récepteurs placés à distance; un autre distributeur envoie toutes les heures un courant destiné à remettre à l'heure d'autres horloges. Enfin l'horloge transmet l'heure au cadran extérieur de l'Hôtel de Ville. Au-dessus du mouvement est placé un globe terrestre orienté suivant l'axe du monde et qui fait connaître l'heure d'un point quelconque de la terre.

HORTICULTURE ÉLECTRIQUE. — M. W. Siemens a reconnu que la lumière électrique est efficace pour produire de la chlorophylle dans

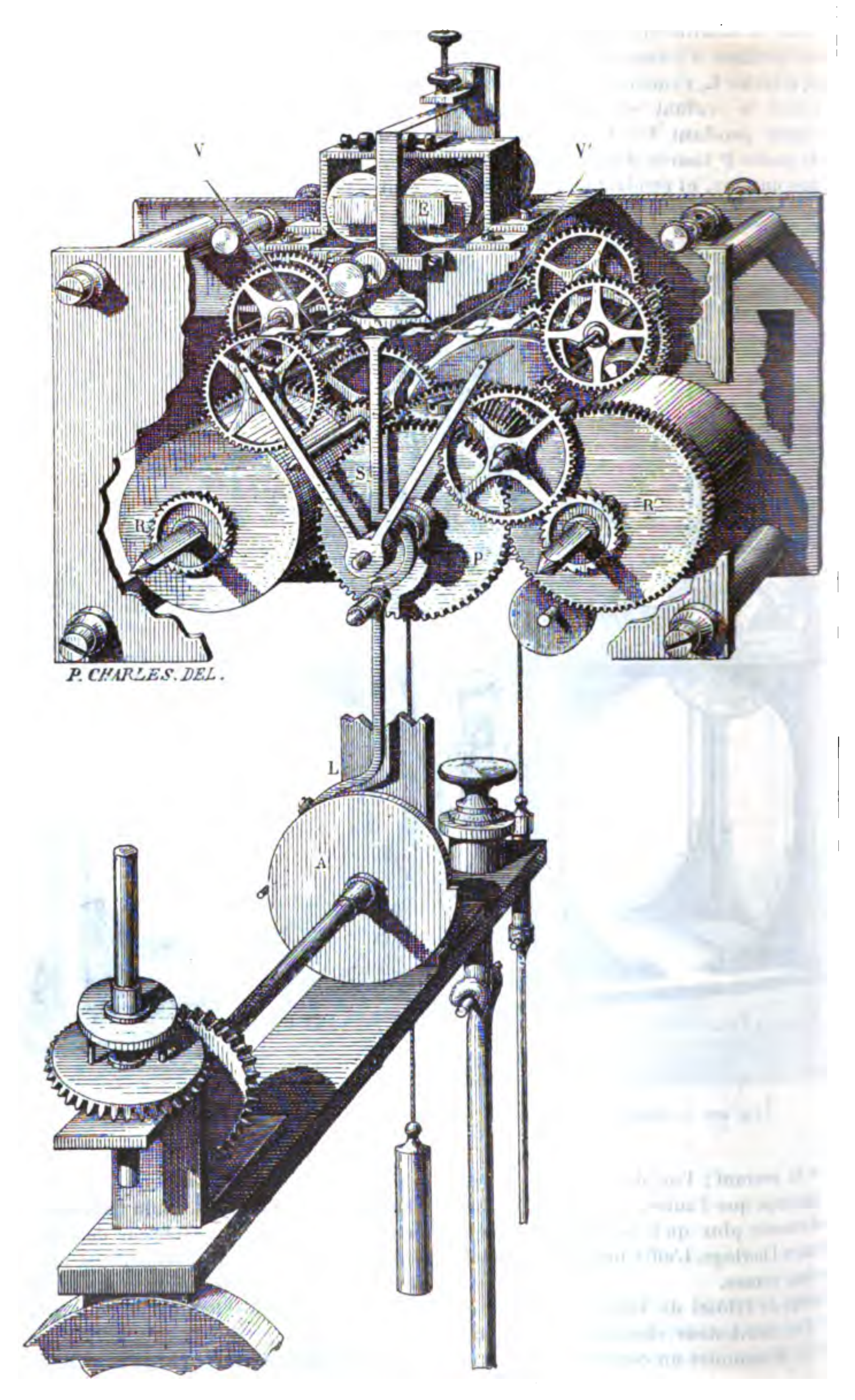


Fig. 410. — Détails du mécanisme de l'horloge de l'Hôtel de Ville (Henry Lepaute)

feuilles des plantes et avancer leur croisce. Il y aurait donc avantage à soumettre plantes pendant le jour à la lumière .ire, pendant la nuit à la lumière électrique. utilisant des sources naturelles d'énergie, les ıs pourraient être modérés. Des expériences ılogues ont été faites à l'exposition de 1881.

[YDRO-ÉLECTRIQUE (PHÉNOMÈNE). — Imitaı des principaux phénomènes électriques et gnétiques, faite par M. Bjerkness et par Decharme à l'aide de l'eau.

Iydro-électrique (Pile). — Pile dans laquelle ectricité est due à l'action chimique d'un uide sur un métal.

IYDROGÈNE ÉLECTROLYTIQUE. — Hydrone obtenu par l'électrolyse de l'eau.

HYDROMÉTROGRAPHE. — Appareil indiant les variations du niveau d'eau. Il se comse d'un flotteur dont les mouvements sont ınsmis à un cylindre isolant qui tourne auur de son axe, et porte sur sa circonférence petites saillies métalliques de différentes ngueurs. Pendant la rotation, ces saillies ncontrent succsssivement une pointe métaljues; ce contact envoie dans un récepteur légraphique de Morse un courant dont la ırée est proportionnelle à la longueur des .illies métalliques. On obtient ainsi des points ›ur indiquer les centimètres, de petits traits ›ur les décimètres et des traits plus longs ›ur les mètres.

HYDROPHONE. — Appareil téléphonique apiqué par M. Pares d'Altona à la recherche des ıites dans les conduites d'eau. On promène auessus de la conduite un cylindre vertical, ›rmé d'une substance élastique, conduisant ien le son, et sur le haut duquel est fixé un ıicrophone. Le circuit comprend en outre une ile sèche, un récepteur téléphonique et un inerrupteur analogue à un bouton de sonnerie.

HYDROSTATIMÈTRE. — Indicateur de niveau d'eau. L'eau produit un courant positif en montant et négatif en descendant; ces courants font mouvoir une aiguille dans un sens ou dans l'autre.

HYPNOSCOPE. — Aimant ayant la forme d'un tube cylindrique fendu suivant une génératrice, et employé par le Dr Ochorowicz pour mesurer la sensibilité hypnotique (fig. 411). D'après

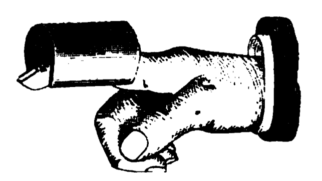


Fig. 411. — Hypnoscope.

M. Ochorowicz, cette sensibilité serait en quelque sorte proportionnelle à l'action de l'aimant. Le sujet place le doigt pendant deux minutes dans l'aimant, de manière à toucher à la fois les deux pôles. Environ 30 personnes sur cent éprouvent des effets plus au moins intenses.

HYPNOTISME. — En faisant passer des courants voltaïques ou faradiques d'une main à l'autre chez un sujet hypnotisé, on peut quelquefois faire cesser immédiatement le sommeil et la catalepsie.

Par l'action d'un aimant, le Dr Charcot a pu faire passer d'un côté du corps à l'autre un état d'hypnose unilatéral ou d'hypnose bilatérale de caractère différent pour chaque côté.

HYSTÉRÉSIS. — Nom donné par M. Eving à la propriété du fer doux par suite de laquelle l'aimantation ne dépend pas seulement de la valeur actuelle du champ, mais aussi des actions magnétisantes subies antérieurement.

HYSTÉROMÈTRE. — Excitateur employé

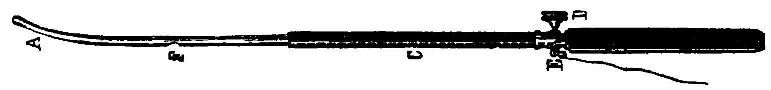


Fig. 412. — Hystéromètre.

ɔar le Dr Apostoli pour l'électrolyse de l'utérus, fig. 412) et qui se compose d'une tige de pla.ine, protégée sur une partie de sa longueur ɔar un manchon isolant et destinée à être in.roduite dans la cavité utérine. Cette tige communique le plus souvent avec le pôle positif de la pile. Le pôle négatif est relié avec une large plaque de terre glaise appliquée sur les parois abdominales. Ces deux électrodes étant en place, on fait passer sans secousse un courant assez fort, pouvant s'élever à 100, 200 et même 250 milliampères. Cette méthode a été appliquée en particulier au traitement des fibromes utérins.

I

IDIOÉLECTRIQUE. — Nom sous lequel on désignait autrefois les corps qui s'électrisent par le frottement, et qu'on nomme aujourd'hui isolants ou diélectriques.

IDIOSTATIQUE. — Se dit de la méthode de mesure des potentiels par l'électromètre absolu.

IMAGE ÉLECTRIQUE. — Syn. de *figure électrique*. (Voy. FIGURES DE LICHTENBERG et FIGURES RORIQUES.)

IMPRESSION PAR L'ÉLECTRICITÉ. — M. Boudet de Pâris place sur une feuille d'étain une lame de verre, puis une médaille enduite de plombagine; on peut aussi interposer entre le verre et la pièce un morceau de toile ou de bois. En chargeant ce petit condensateur avec une machine de Voss et le déchargeant ensuite, on constate que la plombagine a été transportée par le courant sur l'étoffe ou sur le bois et y produit une image très fine de l'objet métallique. En remplaçant la plaque de verre par une glace au gélatino-bromure d'argent et en supprimant l'étoffe, on obtient de la même manière la photographie de la médaille.

INCANDESCENCE. — Éclairage par un filament de substance réfractaire et de grande résistance porté à une température élevée. Si R est la résistance du filament, I l'intensité du courant, l'énergie absorbée par ce conducteur en un temps t est

$$RI^2t$$

et la quantité de chaleur dégagée est

$$(1) \qquad Q = \frac{RI^2t}{J}.$$

J étant l'équivalent mécanique 4,17. En appelant ε la différence de potentiel entre les deux bouts du filament, on peut écrire encore

$$(2) \qquad Q = \frac{\varepsilon It}{J},$$

car

$$I = \frac{\varepsilon}{R}.$$

Enfin on sait qu'un courant d'intensité I débite I coulombs par seconde; It représente donc le nombre C de coulombs qui ont traversé l'appareil en ce temps et l'on a

$$Q = \frac{C\varepsilon}{J}.$$

En une seconde, la quantité de chaleur dégagée est

$$q = \frac{\varepsilon I}{J} = \frac{c\varepsilon}{J}.$$

Il est évident que l'on obtiendra, toutes choses égales d'ailleurs, une élévation de température et par suite un pouvoir éclairant d'autant plus considérable que la chaleur dégagée en une seconde sera plus grande : il y aura donc intérêt à augmenter le produit $I\varepsilon$. C'est pourquoi l'on appelle *puissance* d'une lampe à incandescence le produit de la différence de potentiel en volts aux deux extrémités du filament par l'intensité du courant en ampères. Cette puissance est exprimée en *volt-ampères* ou *watts*.

Il résulte de là qu'on connaît la puissance d'une lampe électrique lorsqu'on a déterminé l'intensité du courant qui lui convient, et la différence de potentiel qui existe entre ses extrémités lorsqu'elle est parcourue par ce courant. Remarquons du reste que la connaissance de l'intensité et de la résistance de la lampe permettent de calculer facilement la différence de potentiel.

Les équations (1) et (2) permettent de calculer la température atteinte par un filament de résistance connue dans des conditions déterminées. Il y a d'ailleurs avantage à élever autant que possible cette température, car, en passant par exemple de 1000 à 1200° C., le pouvoir éclairant augmente dans le rapport de 1 à 40.

Influence de la nature du conducteur. — Pour qu'un conducteur présente une résistance suffisante et qu'il s'échauffe facilement, il convient évidemment qu'il soit d'un faible diamètre. Les métaux et le charbon sont les conducteurs employés d'ordinaire, et peuvent se prêter à cette condition : on a construit tout d'abord des lampes à incandescence à filament de charbon ou de platine, mais ce dernier n'a pas tardé à être abandonné, car le charbon présente sur

ι de nombreux avantages. Il est infusible, ndis que le platine en fil fin fond assez facile- ent. Il est moins conducteur, de sorte qu'à ;alité de dimensions et d'intensité il dégage ιe plus grande quantité de chaleur. Il a une us faible chaleur spécifique et par conséquent échauffe davantage pour une même quantité ∍ chaleur. Enfin, à la même température, il un plus grand pouvoir rayonnant et par suite est plus lumineux que le platine. L'iridium le platine-iridium ont aussi été essayés sans us de succès que le premier métal.

Les charbons employés aujourd'hui sont énéralement d'origine végétale : on les porte ans des moules à une haute température pour ɜs rendre plus solides et moins combustibles. lous indiquerons, à l'article LAMPE, les parties rincipales de cette fabrication.

Dimensions des filaments de charbon. — Le dia- ıètre des filaments de charbon employés varie 'un système à l'autre : il doit dépendre en ffet de la résistance du filament, qui varie lle-même avec sa nature, et de l'éclat lumi- ιeux qu'on veut obtenir pour une intensité de ourant donnée. La forme ronde est généralement préférée à la forme carrée, parce qu'à ;alité de surface extérieure elle offre une plus rande résistance. Quant à la longueur, elle ugmente évidemment avec l'intensité lumi- euse que doit donner la lampe.

Les filaments des lampes Edison présentent ne section de 0,3 mm, sur 0,1 mm. et une lon- ueur de 110 millimètres pour une intensité le 10 bougies et de 125 millimètres pour une ntensité de 16 bougies. Ceux des lampes laxim de 16 bougies ont une longueur de 13 millimètres et une section de 0,5 mm. sur millimètre. On peut conserver le même éclai- ement en faisant varier la longueur et la sec- ion, pourvu que la surface extérieure reste ;onstante. Les charbons minces et longs sont ;vidèmment plus exposés à la rupture.

Ordinairement il est préférable, à égalité l'intensité lumineuse, de diminuer l'intensité ɜt d'augmenter la différence de potentiel, car, orsqu'on double l'intensité, il faut quadrupler a section des conducteurs. Les équations (1) et (2) montrent qu'il faut alors augmenter la ré- sistance des lampes.

Les lampes à faible résistance ne sont avantageuses que montées en série; mais il faut alors mettre en dérivation sur chaque lampe une résistance équivalente qui entre automatiquement dans le circuit quand la lampe s'éteint; il n'existe actuellement qu'un très petit nombre de systèmes de lampes à faible résistance, notamment les systèmes Bernstein et Heisler.

Incandescence dans l'air et dans le vide. — Seule parmi toutes les lumières artificielles, la lumière électrique n'est pas due à une combustion, mais seulement à une forte élévation de température ; elle n'a donc aucun besoin de contact de l'air et peut se produire aussi bien dans un gaz inerte et même dans le vide. On a fait cependant des lampes à incandescence dans l'air libre. Mais dans ce cas le charbon, porté à une haute température, brûle rapidement, et il devient indispensable, si l'on veut avoir de la lumière pendant quelques heures, d'employer des baguettes d'une assez grande longueur et d'un diamètre assez fort. De là la nécessité de se servir d'appareils compliqués et de renouveler souvent les charbons. Ces difficultés ont fait abandonner complètement l'incandescence à l'air libre.

On a essayé aussi d'enfermer de petites baguettes de charbon dans un gaz inerte, mais il est aussi simple et plus avantageux de les placer dans le vide : c'est ce qu'on fait toujours actuellement. La pression de l'air qui reste dans ces lampes est inférieure à $\frac{1}{100}$ de millimètre de mercure à froid et ne dépasse pas $\frac{1}{10}$ de millimètre à chaud.

Couleur de la lumière par incandescence. — La lumière émise par les filaments de charbon est riche en radiations rouges et jaunes ; elle est cependant moins rouge que la lumière du gaz, mais elle s'en rapproche beaucoup plus que celle de l'arc voltaïque.

Rendement optique des lampes à incandescence. — Nous avons donné plus haut la mesure de l'énergie dépensée dans une lampe sous forme de chaleur, mais la plus grande partie de cette énergie ne donne naissance qu'à des rayons calorifiques obscurs, et l'effet lumineux n'est dû qu'à la plus petite portion. On appelle *rendement optique* le rapport entre la quantité d'énergie transformée en radiations lumineuses et la quantité totale dépensée dans la lampe. Ce rendement varie évidemment avec la nature et la préparation du filament : il est du reste toujours très faible et compris entre 4 et 6 p. 100. Malgré sa faible valeur, il est encore plus grand que celui des autres sources artificielles : ainsi le rendement d'une flamme de gaz est de 4 p. 100, celui d'une lampe à huile 3 p. 100. L'arc voltaïque est la source qui donne le rendement le plus élevé, car il est égal à 10 p. 100.

Durée des lampes à incandescence. — La durée moyenne des lampes dans l'état actuel de leur fabrication est d'environ mille heures, pourvu que la marche soit bien régulière et qu'on ne dépasse pas le nombre de volts indiqué. Si l'on n'observe pas ces conditions, la limite peut se trouver abaissée dans une proportion plus ou moins considérable. Il est évident que la durée dépend aussi de la nature du filament et de son mode de préparation.

Nous décrirons à l'article LAMPE les divers systèmes d'éclairage fondés sur l'incandescence.

INCENDIES PAR L'ÉLECTRICITÉ. — Puisque l'électricité peut être employée utilement comme procédé de chauffage, il est évident qu'elle peut dans certains cas occasionner des incendies et qu'on doit toujours, lorsqu'on s'en sert comme force motrice ou comme source de lumière, prendre toutes les précautions indispensables pour empêcher les accidents qui pourraient résulter, soit des lampes elles-mêmes, soit de l'échauffement exagéré des conducteurs.

M. Mascart a fait récemment à ce sujet d'intéressantes expériences devant la Société de physique. Il a constaté qu'un fil nu de 1,2 mm. appliqué sur une planche, et qui peut conduire normalement un courant de 4 ampères, enflamme le bois seulement lorsqu'il est traversé par un courant très supérieur à 40 ampères. Le globe d'une lampe Cance peut être entouré par une étoffe légère sans y mettre le feu. Mais un vieux décor, contre lequel on avait appliqué une lampe de 300 bougies, se carbonisait au contact du verre et commençait à brûler sans flamme au bout d'une minute et demie. Deux lampes de 32 bougies couvertes de deux couches d'ouate gommée, blanche ou noire, ont éclaté au bout de deux minutes en enflammant l'enveloppe, après distillation et carbonisation préalable des couches d'ouate. On voit par ces expériences que la chaleur transportée par le courant électrique n'est pas une quantité négligeable et qu'on doit dans toutes les installations prendre les précautions nécessaires pour éviter les incendies.

INCLINAISON. — Angle que fait la force terrestre avec sa projection sur le plan horizontal; c'est donc l'angle que fait avec l'horizontale une aiguille aimantée mobile dans le plan du méridien magnétique. La mesure de l'inclinaison, associée avec celle de la déclinaison, fait connaître la direction du champ terrestre.

Mesure de l'inclinaison. — Cette mesure se fait au moyen des *boussoles d'inclinaison* (voy. ce mot), qui consistent essentiellement en une aiguille aimantée, mobile devant un cercle vertical gradué, qui peut tourner lui-même autour de son diamètre vertical, pour se placer dans différents azimuts. Mais, comme on ne sait pas *a priori* si le cercle est dans le méridien magnétique, on a recours à l'une des méthodes suivantes.

Nous avons démontré plus haut (voy. CHAMP TERRESTRE) que, si le cercle de la boussole fait un angle α avec le méridien magnétique, l'aiguille fait avec l'horizon un angle i' tel que

$$\cot i' = \cot i \cos \alpha,$$

i étant l'inclinaison; i' est l'*inclinaison apparente* pour l'azimut α. Si $\alpha = 0$, l'inclinaison apparente i' devient évidemment égale à i; c'est sa valeur minimum; elle augmente avec l'angle α, et, pour $\alpha = 90°$, elle devient égale à $90°$; l'aiguille est verticale. De là trois méthodes pour déterminer l'inclinaison.

1° On tourne le cercle divisé jusqu'à ce que l'angle i' soit minimum; c'est l'inclinaison. Cette méthode est peu sensible; l'inclinaison variant peu dans le voisinage du minimum, il est difficile de trouver exactement cette position.

2° On tourne le limbe jusqu'à ce que l'aiguille soit verticale; il suffit de le tourner ensuite de 90° pour le placer exactement dans le méridien.

3° On détermine l'inclinaison apparente dans un azimut quelconque; on a

$$\cot i' = \cot i \cos \alpha.$$

On tourne ensuite le cercle de 90°: on a une nouvelle valeur

$$\cot i'' = \cot i \cos (\alpha \pm 90)$$

ou

$$\cot i'' = \pm \cot i \sin \alpha.$$

D'où

$$\cot^2 i' + \cot^2 i'' = \cot^2 i.$$

Cette dernière méthode est la plus précise.

Quelle que soit la méthode choisie, cette détermination se fait à l'aide de la boussole d'inclinaison de Brunner, ou du cercle de Barrow (voy. ces mots). Le cercle de Fox sert pour les observations en mer. Enfin les magnétomètres servent à étudier les variations de l'inclinaison.

Variations de l'inclinaison. — Lorsqu'on a commencé à observer l'inclinaison, elle était à Paris (1671) de 75°; depuis cette époque, elle a toujours diminué régulièrement; le 1er janvier

1889 elle était de 65°13',7. A Londres, où elle était de 71°50' en 1576, elle a d'abord augmenté, puis diminué régulièrement.

Il résulte de ces données que l'équateur magnétique doit se déplacer d'une façon continue; mais on ne possède pas d'observations assez nombreuses pour étudier ce déplacement. L'inclinaison subit également des variations annuelles et diurnes. Chaque jour, l'inclinaison est maximum vers huit heures du matin; elle devient minimum dans la journée et éprouve la nuit une oscillation analogue. L'amplitude de l'oscillation diurne ne dépasse guère 4' ou 5'. Les variations qui se produisent d'un mois à un autre sont moins régulières.

Il peut se produire enfin des variations accidentelles. On se sert maintenant, pour étudier toutes ces variations, de magnétomètres enregistreurs (voy. ce mot).

INCLINOMÈTRE. — Appareil imaginé par Weber pour déterminer l'inclinaison. Il se compose d'une bobine plate, recouverte de fil isolé et pouvant tourner autour d'un axe généralement horizontal. Si la bobine a une surface S et une résistance R, et qu'on la fasse tourner de 180° dans un champ uniforme d'intensité F, la quantité d'électricité mise en mouvement est $\frac{2SF}{R}$.

Si l'on effectue d'abord la rotation autour d'un axe vertical, la bobine étant perpendiculaire au méridien, la composante horizontale H du champ terrestre agit seule et l'on a

$$q = \frac{2SH}{R}.$$

Si l'on fait une seconde rotation autour d'un axe horizontal, la bobine étant d'abord horizontale, on a

$$q' = \frac{2SZ}{R}.$$

Z étant la composante verticale du champ terrestre.

D'où

$$\frac{q'}{q} = \frac{Z}{H} = \operatorname{tg} i,$$

en appelant i l'inclinaison.

INDICATEUR ÉLECTRIQUE. — Appareil électrique servant à indiquer les variations d'un phénomène. Les résultats sont tantôt inscrits sur un cylindre, tantôt transmis sur un cadran. Dans le premier cas, l'appareil est un véritable enregistreur. Beaucoup d'indicateurs portent des noms particuliers; ainsi les appareils que nous avons décrits aux articles AVERTISSEUR, BLOCK-SYSTEM, ENREGISTREUR, etc. Nous en indiquerons quelques autres, en commençant par ceux qui sont destinés aux installations électriques.

Indicateur de pôle. — L'indicateur de pôle de M. Berghausen est destiné à faire connaître le sens d'un courant. C'est un tube de verre

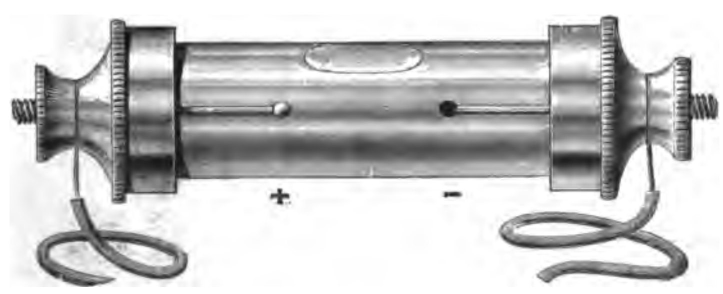


Fig. 413. — Indicateur de pôle.

(fig. 413), renfermant un liquide blanc et transparent. Si on l'intercale dans le courant, le fil de platine qui correspond au pôle négatif se couvre aussitôt d'une teinte pourpre, par l'électrolyse du liquide. La substance décomposée se redissout ensuite rapidement, et le liquide reprend sa couleur blanche. La résistance de l'appareil est d'environ 30,000 ohms; il donne des indications parfaitement apparentes pour une différence de potentiel de 4 volts.

Indicateur de courants alternatifs. — M. Elihu Thomson a imaginé, d'après les expériences que nous décrivons plus haut (voy. ÉLECTRODYNAMIQUE) un indicateur de courants alternatifs, formé d'un anneau de cuivre, entouré d'une bobine plate de même hauteur, et pouvant tourner autour d'un de ses diamètres. Un ressort ou un poids tend à le ramener à sa position d'équilibre. Lorsqu'on lance dans la bobine des courants alternatifs, l'anneau tend à se mettre perpendiculairement à la bobine; il tourne donc jusqu'à ce que l'action du poids ou du ressort

fasse équilibre à l'action électrodynamique.

Indicateur de marche. — Sorte de galvanoscope qui permet au conducteur de l'éclairage de se rendre compte du fonctionnement des lampes sans s'éloigner du tableau. Cet appareil s'emploie lorsque la salle des machines, dans laquelle on place généralement le tableau, se trouve loin des locaux à éclairer.

L'indicateur Cance est formé d'un électro-aimant intercalé dans le circuit, au-dessus duquel est suspendue une aiguille verticale portant à la partie inférieure deux petits cylindres, l'un de fer doux, l'autre de cuivre. Quand le courant ne passe pas, l'index fixé au fléau se tient au zéro du cadran. Quand le courant passe, l'attraction de l'électro sur le cylindre de fer doux fait incliner le fléau de l'index (fig. 414).



Fig. 414. — Indicateur de marche (Cance).

Chaque indicateur porte le numéro de la lampe correspondante.

M. Bardon emploie dans ses installations d'éclairage électrique un indicateur formé d'un cadre galvanométrique placé dans le circuit (fig. 415); à l'intérieur est un petit barreau aimanté, mobile sur pivots, et muni d'un index qui s'arrête devant le mot *Éteint* quand le circuit est rompu et devant le mot *Allumé* lorsque le courant passe.



Fig. 415. — Indicateur de marche (Bardon).

Indicateur de potentiel. — Lorsque le surveillant de la dynamo remplit en même temps d'autres fonctions et qu'il ne peut suivre constamment les indications des voltmètres, il est bon d'employer un appareil qui lui indique par un signal visible ou perceptible à l'ouïe toutes les variations du potentiel.

L'appareil suivant (fig. 416) est d'une construction robuste, d'un fonctionnement sûr, indépendant des variations de température; il consomme une quantité d'énergie très petite, et donne des signaux perceptibles à grande distance. Il est formé d'un électrodynamomètre à deux bobines fixes : la bobine mobile, qui est perpendiculaire aux autres, est recouverte comme elles d'un petit nombre de tours de fil



Fig. 416. — Indicateur de potentiel avec signal (Allegemeine Elektricitäts Gesellschaft, Berlin).

de nickeline. Elle porte d'un côté un index long et très fin, oscillant devant un arc de cercle divisé, et en outre deux ressorts minces avec contacts de platine. Lorsque la force électromotrice possède sa valeur normale, les deux ressorts ne touchent à aucun des deux contacts; mais, si elle vient à augmenter ou à diminuer, la rotation de la bobine mobile produit le contact d'un côté ou de l'autre; ce contact ferme un circuit qui contient la sonnette placée du même côté, et celle-ci se met à tinter. Les sonneries ont des timbres différents. La lampe à incandescence placée au-dessus de l'échelle est reliée avec les sonnettes de façon que celles-ci sont enlevées du circuit au moment où l'on en retire la lampe.

La fusion et le collage des contacts sont évités par l'arrangement d'une bobine de grande résistance, placée en dérivation, par laquelle l'extra-courant nuisible se décharge sans étincelle lorsqu'on sépare les contacts. Un amortisseur à air énergique empêche la mobilité de la bobine de produire des oscillations nuisibles.

Indicateur ou avertisseur de tension. — Cet appareil sert au même usage que le précédent; il produit un signal acoustique lorsque la différence de potentiel tend à dépasser les limites fixées. Il est formé d'un électro-aimant à fil fin (fig. 417), monté en dérivation sur le circuit à contrôler, et qui attire plus ou moins fortement une armature sollicitée en sens contraire par l'action d'un ressort ; cette armature prend, lorsque la tension est normale, une position d'équilibre entre deux contacts de platine ; mais, lorsque la tension est trop faible, elle incline soit du côté de l'électro-aimant, soit du côté du ressort, et vient toucher l'un ou l'autre des deux contacts ; elle établit ainsi le passage du courant dans l'une ou l'autre de deux sonneries montées à la partie inférieure de l'appareil. Ces sonneries rendent des sons différents et l'on est ainsi averti, par le fonctionnement de l'une ou de l'autre, d'un excédent ou d'un manque de tension.

Les contacts en platine entre lesquels oscille la lame sont fixés sur des vis, de façon à rendre réglable à volonté la sensibilité de l'appareil. Une lampe à incandescence montée sur l'avertisseur permet de juger par son intensité lumineuse de celle des lampes qu'on désire contrôler. Enfin un petit interrupteur fixé sur l'enveloppe de l'appareil permet de le brancher sur le circuit ou d'arrêter son fonctionnement.

Indicateur téléphonique. — Appareil indiquant aux employés du téléphone le numéro de l'abonné qui a appelé.

Il en existe plusieurs systèmes. Celui de la Société des Téléphones est formé d'un électro-

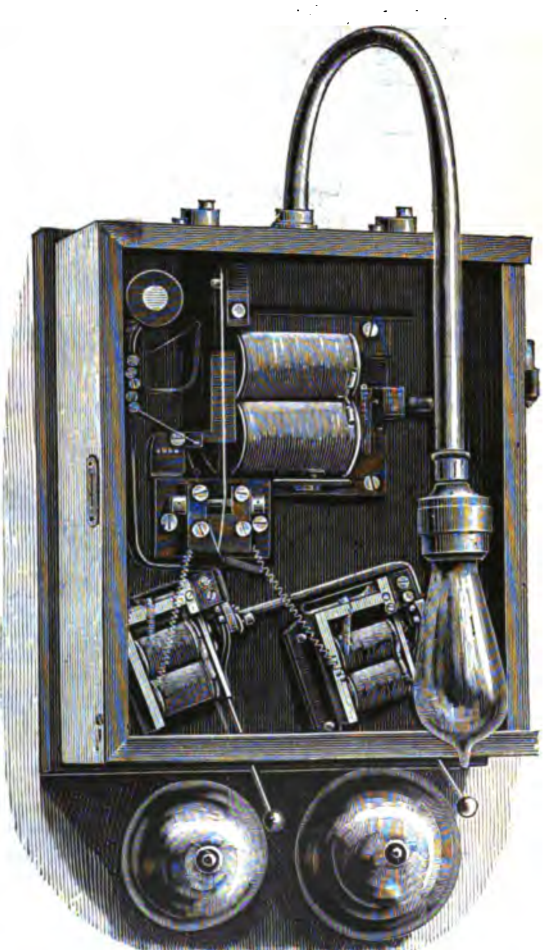


Fig. 417. — Indicateur de tension (Société de Belfort).

aimant A à deux bobines. L'armature, qui peu tourner autour d'un axe horizontal O (fig. 418), porte de l'autre côté de l'axe un crochet qui retient une plaque verticale P, appelée volet, dans la position figurée en pointillé. Quand l'abonné appelle, il lance un courant dans l'électro, l'armature est attirée; son extrémité postérieure s'abaisse, et le crochet antérieur se relève, abandonnant le volet, qui bascule autour d'un axe horizontal et tombe, démasquant le numéro de l'abonné. En tombant, ce volet vient toucher

une pointe métallique C : ce contact ferme le circuit d'une pile locale sur la sonnerie d'appel.

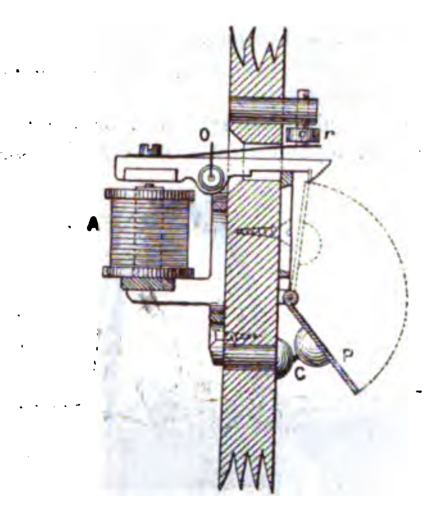


Fig. 418. — Indicateur téléphonique.

Indicateurs de grisou. — Un certain nombre de dispositions ont été proposées pour e ployer l'électricité à avertir des dangers r tant d'un dégagement de grisou dans les m

Les chercheurs de fuites décrits plus h pourraient être utilisés dans ce but. M. S a proposé de transformer la lampe de min en une sorte de photoscope (contrôleur de clairage des disques), en s'appuyant sur ce la combustion d'une petite quantité de gri dans cette lampe suffit pour en élever la t pérature. On place alors dans cette lampe u lame bimétallique, qui change de forme par de cette élévation de température et ferm circuit comprenant une petite pile et un tite sonnerie placées dans la base de la lam

MM. W. Emmot et W. Ackroyd ont pro d'employer deux lampes à incandescence, l blanche, l'autre rouge, alimentées par même pile. Un tube contenant un ménisq mercure sert de commutateur.

Quand la poussée du gaz fait monter le nisque dans le tube, ce liquide interromp communication avec la lampe blanche qui teint, et fait entrer dans le circuit la lampe rouge, qui s'allume.

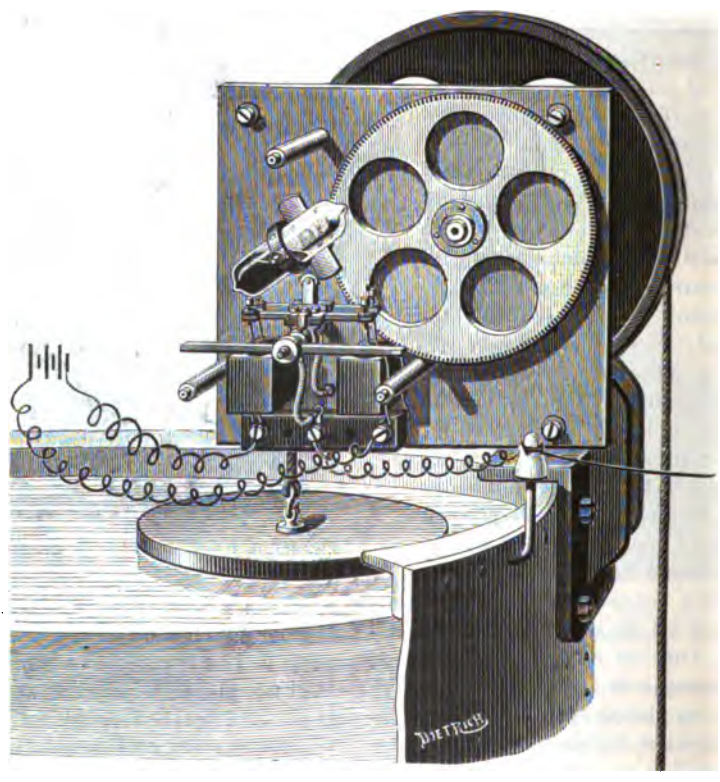


Fig. 419. — Indicateur de niveau de M. Parenthou (transmetteur).

Indicateurs de niveau d'eau. — L'indicat de M. Parenthou, qui est employé dans les

servoirs de la ville de Paris, donne un signal chaque fois qu'il s'est produit une variation de niveau déterminée, par exemple 5 centimètres, dans un sens ou dans l'autre.

Le transmetteur (fig. 419) comprend un flotteur porté par une corde métallique qui passe sur une poulie. La poulie est dentée et engrène avec un pignon, sur lequel est creusée une rainure en forme de quart de cercle. Un basculeur, portant un tube de verre qui contient du mercure, est ordinairement vertical : il porte une cheville qui pénètre dans la rainure du pignon. Si le mouvement du flotteur et de la poulie entraîne le pignon dans le sens des aiguilles d'une montre, il peut d'abord tourner de 90° environ sans faire mouvoir la cheville ; mais, s'il tourne un peu plus, il l'entraîne avec lui. Lorsque le pignon a tourné d'environ 180°, le basculeur a fait un peu plus d'un quart de tour, et la cheville se trouve un peu au-dessus du diamètre horizontal du pignon : le mercure passe alors brusquement dans l'autre bout du tube de verre, et l'appareil, entraîné par la pesanteur, fait un autre quart de tour et atteint la position verticale. Si la poulie se meut en sens inverse, le basculeur tourne aussi dans

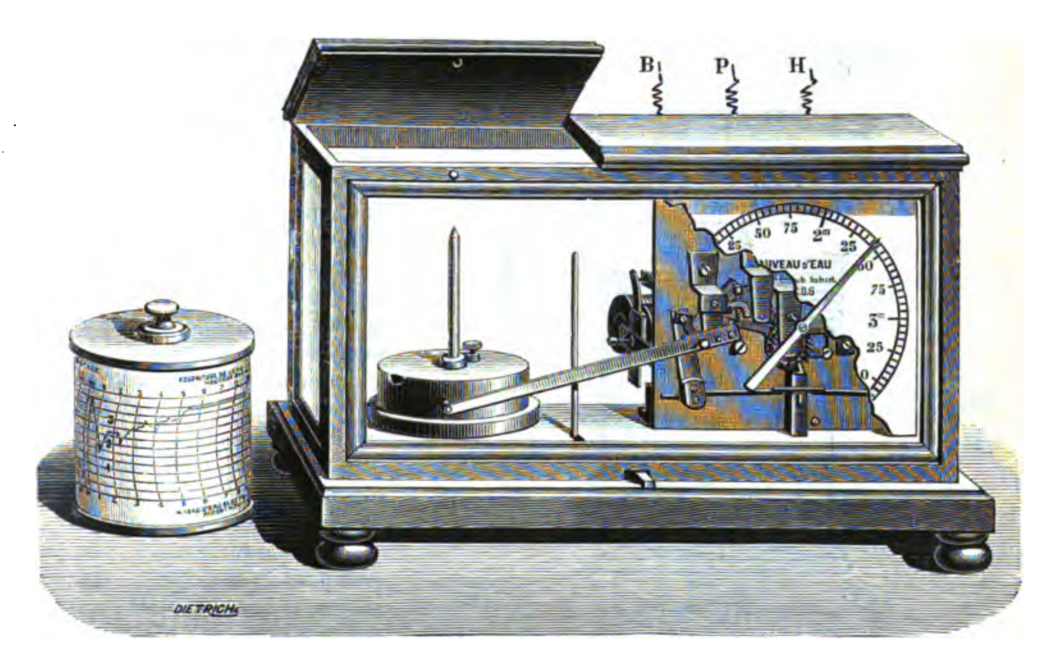


Fig. 420. — Indicateur de M. Parenthou (récepteur).

l'autre sens. A chaque demi-rotation, cette pièce envoie un courant dans le récepteur en faisant plonger deux pointes de platine reliées à la ligne et à la terre dans deux godets de mercure communiquant avec les pôles d'une pile ; mais ce courant est positif ou négatif suivant que la demi-rotation s'est faite dans un sens ou dans l'autre.

Le récepteur (fig. 420) reçoit le courant d'une pile locale par l'intermédiaire d'un relais doublement polarisé ; ce courant est envoyé dans l'un ou l'autre de deux électro-aimants placés derrière l'appareil ; l'armature de ces électros est solidaire d'un levier portant un doigt qui pousse à chaque indication une roue munie de quelques chevilles ; les doigts sont guidés de façon à ne pousser qu'une cheville à la fois et à empêcher la roue de continuer à tourner. Un petit cône engagé entre deux chevilles, et qui s'éloigne à chaque mouvement, maintient au repos toutes les pièces dans une position d'attente convenable.

Sur l'axe de la roue chevillée sont montés des pignons qui conduisent, dans le rapport voulu, l'aiguille du cadran et un style, portant une plume qui trace sur un cylindre entraîné par un mouvement d'horlogerie une courbe des variations de niveau.

Enfin une disposition basée sur la différence de résistance des relais et sur la durée des émissions de courant permet d'utiliser le fil unique à plusieurs usages, soit à la transmission

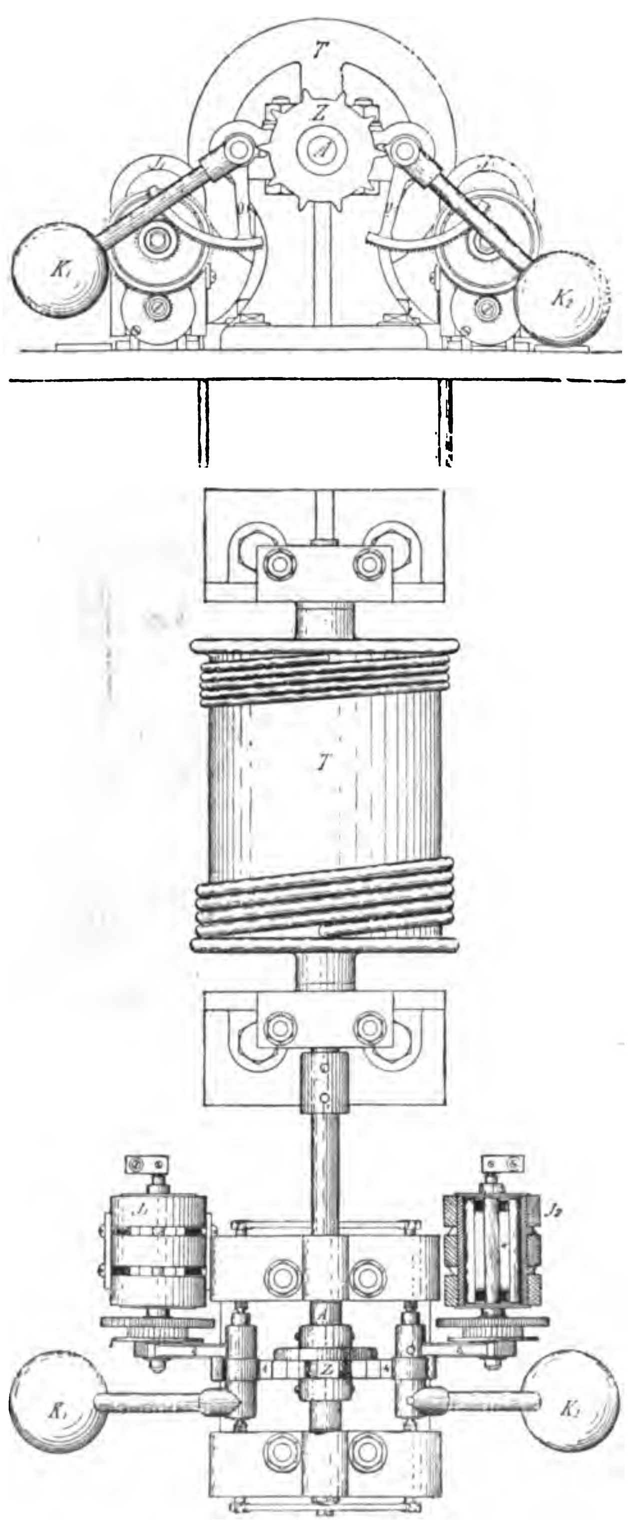


Fig. 421. — Indicateur de la Société des téléphones de Zurich. Plan et élévation du transmetteur.

des niveaux de plusieurs réservoirs, soit à la correspondance télégraphique ou téléphonique, sans interrompre les indications de niveau et sans nécessiter de nouvelles manipulations de la part des téléphonistes ou télégraphistes.

Dans l'indicateur de MM. Siemens et Halske, la poulie, qui porte le flotteur suspendu à une chaîne, bande un ressort contenu dans un barillet; mais, suivant le sens de la rotation, elle fait tourner l'axe ou la boîte du barillet. Lorsque la variation de niveau produite est égale à celle qu'on veut mesurer, le ressort se trouve bandé et se déroule, entraînant la bobine d'un petit inducteur. Suivant le sens dans lequel s'est faite la rotation, le courant ainsi produit est lancé dans l'un ou l'autre des deux fils qui composent les lignes. Ces deux fils aboutissent à deux électro-aimants, qui, au moyen d'un moteur à roue satellite, font tourner l'aiguille d'une même quantité dans un sens ou dans l'autre. Ce système a l'avantage de ne pas employer de pile.

La Société des téléphones de Zurich construit depuis peu de temps un indicateur destiné aussi à lancer un courant chaque fois qu'il s'est produit une égale variation de niveau, et qui a le double avantage d'être d'une construction simple, d'un réglage facile, et de ne pas employer de pile, les courants étant fournis par une petite machine magnéto-électrique analogue à celles qu'on emploie ordinairement dans les stations téléphoniques.

Le transmetteur (fig. 421) se compose d'un tambour T sur lequel s'enroulent deux cordes portant à gauche un flotteur creux en fer blanc, à droite un contre-poids; à l'extrémité de l'axe du tambour est fixée une roue dentée Z qui tourne avec lui. Quand le flotteur descend, il entraîne de droite à gauche le tambour et la roue Z, dont une dent, appuyant sur le petit crochet du levier K_1, le soulève peu à peu jusqu'à la position horizontale.

Le secteur denté O_1 participe à ce mouvement et, par l'intermédiaire d'un pignon denté, fait tourner aussi l'armature W_1 de l'inducteur J_1 ; cette rotation est d'ailleurs trop lente pour donner naissance à un courant induit. Mais, dès que le levier K_1 est devenu horizontal, la dent de la roue Z l'abandonne ; il retombe brusquement par son propre poids, entraînant l'armature de J_1 en sens inverse, et assez rapidement pour qu'un courant soit lancé dans le fil de ligne correspondant. Si le flotteur descend encore d'une même quantité, un second courant est lancé dans le même fil. Si le flotteur remonte, les pièces K_2, W_2 et J_2, identiques aux premières, mais placées de l'autre côté, sont actionnées par la roue Z, et lancent un courant dans le second

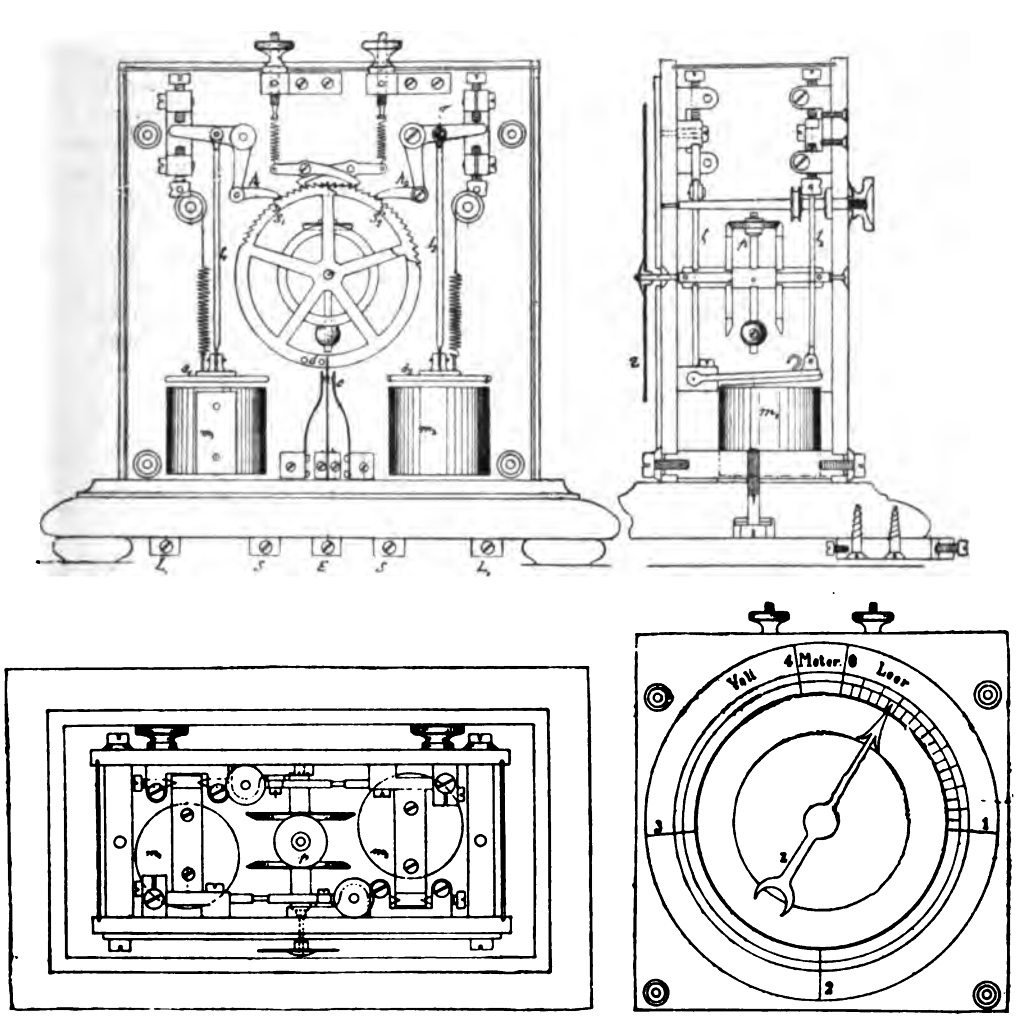


Fig. 422. — Indicateur de la Société des téléphones de Zurich. Récepteur.

fil de ligne. Il est évident qu'on peut modifier la sensibilité de l'appareil en faisant varier le diamètre du tambour T, de la roue Z, ou le nombre des dents de celle-ci.

La ligne est formée de deux fils partant des inducteurs J_1 et J_2 et se rendant aux deux électro-aimants m_1 et m_2 du récepteur (fig. 422) ; le retour se fait par la terre. Lorsque l'inducteur J_1 lance un courant dans l'électro-aimant m_1, l'armature a_1 est attirée et le cliquet h_1 fait avancer d'une dent la roue à rochet s_1 ; ce mouvement est transmis à l'aiguille. L'inducteur J_2 communique de même avec l'électro m_2, dont l'armature a_2 peut faire avancer en sens contraire la roue s_2 par l'intermédiaire du cliquet h_2. A la partie inférieure sont

fixés trois ressorts *e*, destinés à avertir lorsque le niveau de l'eau dépasse le maximum ou le minimum fixé. Deux goupilles *d* viennent appuyer le ressort central sur l'un des deux ressorts latéraux et ferment un circuit contenant une pile locale et une sonnerie; il y a deux sonneries de timbres différents.

On voit que cet appareil se prête parfaitement à la transmission à distance. Il permet donc de comparer facilement d'un point central les hauteurs d'eau à des stations différentes et plus ou moins éloignées, et par suite de prendre en temps voulu toutes les précautions nécessaires.

D'autres indicateurs lancent au contraire un courant à intervalles égaux, pour indiquer soit la variation qui s'est produite, soit la valeur absolue du niveau, par rapport à un repère fixe, ce qui a l'avantage de rendre les observations indépendantes les unes des autres.

MM. Siemens et Halske ont imaginé aussi un autre appareil, qui fait connaître le niveau chaque fois que l'on appuie sur un bouton.

Enfin il arrive souvent qu'on n'a pas besoin de connaître toutes les variations de niveau, mais seulement de savoir si le niveau ne sort pas de certaines limites. Il suffit alors d'employer un flotteur dont la tige, guidée dans son mouvement vertical, se termine par une traverse métallique qui vient toucher un contact horizontal lorsque le niveau atteint le maximum ou le minimum fixé. Ces contacts servent à fermer deux circuits contenant deux sonneries de timbres différents. M. Achard a essayé d'utiliser les courants ainsi obtenus, dans le cas d'une chaudière à vapeur, pour assurer l'alimentation automatique.

Indicateurs de pression. — Les pressions peuvent être indiquées de la même manière que les niveaux d'eau. On peut faire usage d'un manomètre à mercure et transmettre comme plus haut les variations de la colonne liquide.

Si l'on veut seulement être averti lorsque la pression tend à dépasser certaines limites fixées d'avance, on peut actionner des sonneries par l'intermédiaire de la colonne liquide : il suffit de donner au manomètre la forme d'un tube en U, et de fixer dans les deux branches deux contacts de platine correspondant au maximum et au minimum; ces contacts sont reliés avec le pôle positif d'une pile et avec deux sonneries différentes. Le mercure étant relié au pôle négatif, l'une des sonneries tinte dès que ce liquide touche le contact correspondant. On peut encore se servir d'un manomètre métallique, dont l'aiguille vient toucher deux contacts correspondant au maximum et au minimum. La disposition est semblable à celle que nous indiquons plus haut pour la température (Voy. ENREGISTREUR).

L'indication continue de la pression dans la chaudière des machines à vapeur fournit des résultats précieux; mais les appareils ordinaires sont soumis à des causes d'erreur provenant surtout de l'inertie des pièces mobiles qui enregistrent les courbes. Pour éviter ces erreurs, la Compagnie du Nord a employé un indicateur électrique, imaginé par M. Marcel Deprez, et qu'elle a présenté à l'Exposition de Vienne en 1883.

Cet indicateur se compose de deux enregistreurs électriques, actionnés chacun par un groupe de deux explorateurs de pression. Les quatre explorateurs communiquent chacun

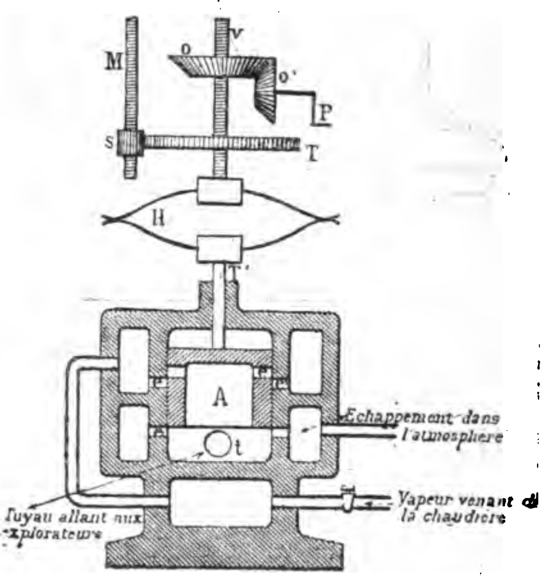


Fig. 423. — Valve auto-régulatrice.

avec l'un des fonds des cylindres, et tous avec une valve réductrice ou auto-régulatrice. Chaque style enregistreur trace un point lorsque la pression dans le cylindre correspondant passe par une valeur déterminée.

La valve régulatrice est représentée fig. 423, Les enregistreurs sont portés par un bâti formant l'écrou de la vis M, qui reçoit le mouvement d'une manivelle P, tournée à la main, par l'intermédiaire du train d'engrenage O'OTS. En même temps, la vis V détend ou comprime le

ressort H, qui appuie sur la tige T′ du piston de la valve régulatrice A. Cette valve est munie de deux orifices *e*, et glisse dans un cylindre percé vers le haut de deux orifices *e′* pour l'admission de la vapeur, et plus bas de deux orifices *e* qui communiquent librement avec l'atmosphère.

Dès que la pression sous le piston A devient inférieure à celle du ressort H, le piston s'abaisse, bouche les ouvertures *e* et ouvre les ouvertures *e′*, de sorte que la pression dans l'intérieur de la valve est égale, à chaque instant, à celle que donne une graduation de la vis V, établie une fois pour toutes.

Les explorateurs sont formés chacun d'un disque en aluminium *d* (fig. 424), dont l'une des faces est toujours en rapport avec l'intérieur de la valve A, et l'autre avec la vapeur d'un des cylindres. Les deux explorateurs restent en contact avec les parois métalliques *c* ou *c′* du cylindre qui les renferme, et complètent le circuit d'une pile reliée aux électro-aimants de

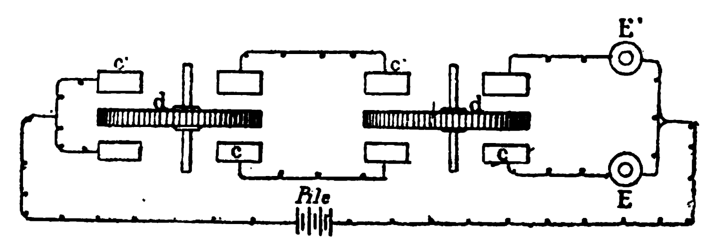


Fig. 424. — Explorateurs de la pression.

l'enregistreur, tant que la pression dans la valve diffère de la pression dans le cylindre. Dès que l'équilibre entre les pressions dans le cylindre de la machine et dans la capacité A cesse d'exister sur l'un des disques *d*, le courant est interrompu et cesse d'animer les électro-aimants de l'enregistreur.

Chaque enregistreur (fig. 425) se compose de

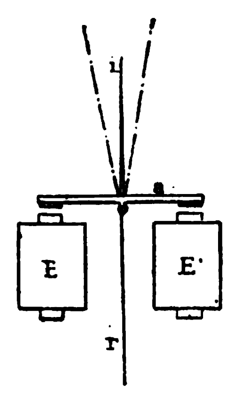


Fig. 425. — Enregistreur.

deux électro-aimants EE′, et d'une armature *a* fixée à un ressort *r*, prolongé par un style *i*. Tant que le courant passe dans un des électros, l'armature est déviée à droite ou à gauche; au moment où le courant est interrompu, le style prend la position médiane *i* et trace un point sur le papier.

La série de points tracée fait connaître à quel moment de la course du piston la vapeur a atteint une pression égale à celle marquée par la graduation de l'appareil, et donne le diagramme moyen du travail de la vapeur sur les faces du piston, pendant le nombre plus ou moins grand de courses soumis à l'expérience.

Le tambour recouvert de papier de chaque enregistreur reçoit un mouvement circulaire alternatif du piston de la machine avec lequel il est relié.

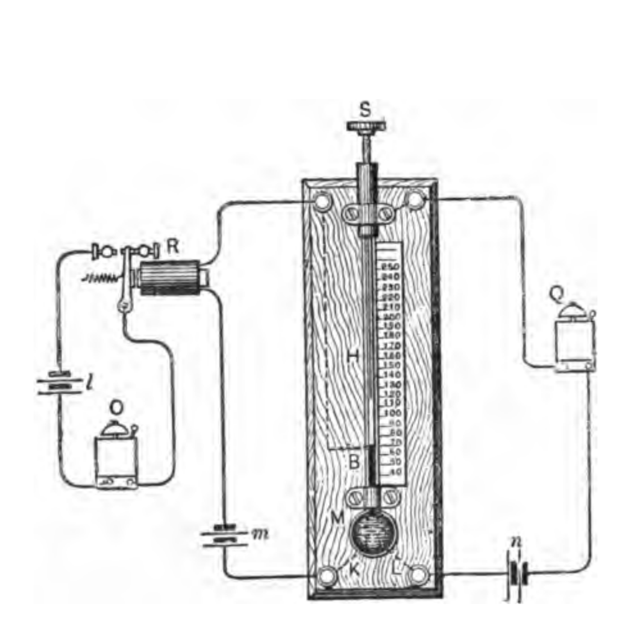
Indicateurs de température et d'incendie. — Ce qu'on demande le plus souvent à ces indicateurs, c'est d'avertir lorsque la température tend à sortir de certaines limites, déterminées d'avance, et à franchir le maximum ou le minimum qu'on lui a imposé. Dans chacun de ces cas, l'appareil doit fermer un circuit qui contient une sonnerie : il y a évidemment deux sonneries et deux circuits distincts, afin qu'on puisse reconnaître si c'est le maximum ou le minimum qui est atteint.

Une disposition très simple consiste dans l'emploi d'un thermomètre à alcool horizontal contenant, à la suite de ce liquide, un index de mercure : un fil de platine, disposé suivant l'axe de l'appareil, est relié d'une manière permanente au pôle positif d'une pile. Deux autres fils de même métal, communiquant chacun avec le pôle négatif et avec une sonnerie différente, pénètrent dans le tube aux points qui correspondent aux températures limites, mais

sans toucher le premier. Lorsque, par suite de l'abaissement ou de l'élévation de température, l'index de mercure vient à toucher l'un de ces deux fils, il ferme l'un des circuits; la sonnerie correspondante commence à tinter et fait connaître celle des deux limites qui est atteinte.

Un système analogue a été imaginé récemment par M. Albert E. Morisson de la *Anglo American Telegraph C°* à Charlottetown. Un thermomètre porte à la partie supérieure un fil de platine H, fixé à une vis S (fig. 426), qui permet de l'enfoncer plus ou moins dans le tube. Cette vis est reliée à une sonnerie Q et à une pile *n*, dont l'autre pôle communique avec le réservoir M du thermomètre. L le mercure s'élève assez pour venir touch fil de platine, le circuit est fermé et la s rie Q se fait entendre.

La sonnerie O est destinée à faire conn minimum. Pour cela un contact est soud- le tube thermométrique au point conven et communique avec un relais R et un *m*, dont l'autre pôle est relié par K au voir M. Ce circuit est ordinairement fer l'armature du relais reste constamment Mais, si le mercure s'abaisse au-dess point B, le circuit se trouve rompu, l'arm du relais se redresse et vient fermer un



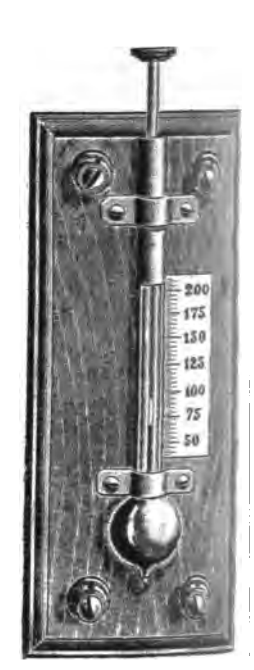


Fig. 426. — Indicateur de température de M. Morrisson.

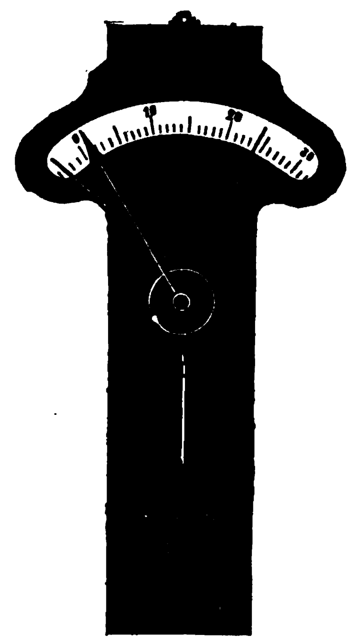
local, contenant une pile *l* et une sonnerie O, dont le tintement avertit que le minimum est atteint.

Souvent aussi on se sert de thermomètres, solides ou liquides, munis d'une aiguille qu'on relie d'une manière permanente au pôle positif d'une pile, et l'on place sur le cadran, aux deux températures limites, deux index communiquant chacun avec une sonnerie et avec le pôle négatif. Dès que l'aiguille vient toucher un de ces index, elle ferme l'un des deux circuits et actionne la sonnerie correspondante.

Telle est la disposition de l'indicateur représenté fig. 427 : un long tube de métal aplati, rempli de liquide, se termine par une partie mince enroulée en cercle; la dilatation quide étant plus grande que celle du m tube se tord ou se détord, suivant que l pérature s'abaisse ou s'élève. Le tube à l'un des pôles de la pile; l'autre pôle munique avec deux index qu'on peut d à volonté : ces communications sont ind en pointillé.

On peut utiliser également la dilatation solides : il suffit de prendre une lame bi lique, qui se courbe d'un côté ou de l' suivant les variations de température, e ainsi toucher deux vis placées de part et tre; ces contacts ferment les deux circuits respondant au maximum et au minimum.

. lame bimétallique peut être droite, ou ulée en spirale comme dans le photoscope '. CONTROLEUR DE L'ÉCLAIRAGE DES DISQUES). s donnerons à l'article THERMOMÈTRE d'au-



g. 427. — Indicateur électrique de température (Pulsfert).

s dispositions pouvant servir également ndicateur.

On peut employer aussi le système de transssion électrique décrit au mot ENREGISTREUR. fin les avertisseurs d'incendie (Voy. ce mot) it encore des indicateurs de température, iis disposés seulement pour faire connaître maximum.

Indicateurs de vitesse. — Il existe un cern nombre d'indicateurs de vitesse mus par lectricité.

M. Marcel Deprez a construit un appareil ndé sur l'expérience des courants de Fouult. Un aimant en U horizontal peut tourner itour de son axe : il reçoit, par l'intermédiaire 'une poulie et d'une courroie de transmission, mouvement de l'appareil dont on cherche la itesse. Entre les branches de cet aimant peut urner un cylindre creux de cuivre, supporté ux deux extrémités par deux couteaux, omme un fléau de balance.

Quand l'aimant tourne, les courants induits éveloppés dans le cylindre de cuivre tendent le faire tourner dans le même sens; mais un ontre-poids, placé au-dessous de l'axe, à une listance variable avec la sensibilité qu'on veut obtenir, s'oppose à ce mouvement. Sous l'influence de ces deux forces antagonistes, le cylindre s'incline d'un certain angle et reste en équilibre. Il porte une aiguille qui indique sur un cadran divisé la vitesse cherchée. L'appareil peut être gradué facilement, car la force tangentielle due à l'action magnétique est proportionnelle à la vitesse de l'aimant, et l'action du contre-poids est proportionnelle au sinus de l'angle d'écart, ou à cet angle lui-même, s'il est petit. On peut augmenter la sensibilité en plaçant un noyau de fer doux dans le cylindre creux.

M. Horn a imaginé un appareil analogue, mais qui donne des indications indépendantes du magnétisme de l'aimant. Cet appareil est composé aussi d'un aimant en forme d'U, mais fixe; c'est le cylindre de cuivre placé entre ses pôles qui reçoit de la machine étudiée un mouvement de rotation. L'aiguille indicatrice est portée par un fer doux dont la section a la forme d'un double T, et qui est suspendu sur des couteaux dans l'intérieur de ce cylindre. Ce fer doux s'incline et prend une position d'équilibre sous la double influence des courants de Foucault et de l'attraction de l'aimant permanent. Or l'intensité des courants induits et l'aimantation du fer doux sont proportionnelles à l'intensité du champ magnétique; l'action du cylindre de cuivre est donc proportionnelle au carré de cette intensité. D'autre part, l'action de l'aimant permanent est proportionnelle à l'intensité du champ et à l'aimantion du fer doux, donc au carré de l'intensité du champ. L'écart est donc indépendant de cette intensité.

Dans ces deux appareils, les déviations sont sensiblement proportionnelles aux vitesses de rotation.

L'électro-cinémographe (Voy. ce mot) de MM. Richard frères peut servir aussi d'indicateur de vitesse. La roue T est alors mise en mouvement par une poulie reliée à la machine. La vis sans fin peut commander une aiguille mobile sur un cadran divisé. L'appareil n'a alors rien d'électrique.

Il peut au contraire être rendu enregistreur, et même être disposé pour permettre à une seule personne de contrôler à distance, sans quitter son bureau, la marche d'un nombre quelconque de machines. Pour cela, on place sur chaque machine un dispositif très simple fermant un circuit électrique à chaque révolution de l'arbre. De chaque contact partent deux fils, dont l'un est relié à un fil commun de retour et dont l'autre aboutit dans le bureau de

l'ingénieur à un commutateur. On dispose les commutateurs sur un tableau, devant lequel une console supporte l'électro-cinémographe. Celui-ci étant relié aux commutateurs ainsi qu'au fil de retour commun et une pile étant placée dans le circuit, lorsque l'ingénieur veut contrôler la marche d'une machine, il lui suffit de manœuvrer le commutateur qui correspond à cette machine; immédiatement l'électro-cinémographe se met en marche et enregistre sur un papier le nombre de contacts émis dans l'unité de temps par l'arbre, c'est-à-dire son nombre de tours par minute.

Indicateur (Tableau). — Voy. TABLEAU INDICATEUR.

INDICATIF. — Signal télégraphique abréviatif servant à faire connaître le poste appelé et celui qui appelle.

INDUCTEUR. — Qui produit des courants induits.

Par extension, on a donné ce nom à un certain nombre de petits appareils magnéto-électriques, tels que ceux employés dans l'indicateur de niveau d'eau de la Société des téléphones de Zurich et ceux qui servent à actionner les cloches allemandes, modèle Siemens, et les cloches mixtes.

L'inducteur Siemens est formé de douze aimants en fer à cheval superposés, entre lesquels tourne la bobine induite, du genre Siemens: il suffit de faire effectuer un demi-tour à la manivelle de cette bobine pour produire un courant qui met en branle toutes les cloches correspondantes.

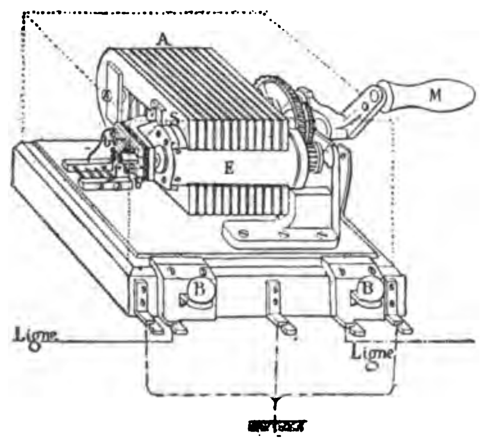


Fig. 428. — Inducteur Siemens de la Compagnie de l'Est.

La figure 428 représente l'inducteur employé par la Compagnie de l'Est pour actionner ses cloches mixtes.

Il se compose, comme le précédent, de 12 aimants en fer à cheval A, entre lesquels tourne la bobine induite. La manivelle M commande cette bobine par l'intermédiaire d'un cliquet et d'un rochet. Quand on veut lancer un courant, on fait faire à la manivelle un demi-tour de gauche à droite, ce qui suffit pour actionner les cloches; elle est alors arrêtée par un butoir. Lorsqu'on veut produire une autre émission de courant, on fait revenir la manivelle en arrière, ce qui laisse la bobine immobile, car le cliquet glisse sur les dents du rochet, puis on fait un demi-tour vers la droite, ce qui donne le courant nécessaire. Les postes intermédiaires ont deux fils de ligne, et la machine peut être mise en relation par un commutateur avec l'une ou l'autre des lignes. Les postes intermédiaires de pleine voie sont également munis d'un inducteur, mais, comme ils n'ont que rarement à faire des signaux, la manivelle est ordinairement fixée dans la position qui limite sa course en avant; pour s'en servir, il faut enlever d'abord une goupille. On évite ainsi que l'appareil soit mis en marche sans nécessité.

L'inducteur Postel-Vinay, employé dans le même but par la Compagnie de l'Ouest (fig. 429) se compose d'un électro-aimant mobile autour d'un axe horizontal entre les deux branches d'un fort aimant en U. Au repos, cet électro présente ses deux pôles en face de ceux de l'aimant fixe auquel il sert d'armature. Un des bouts *a* du fil induit est soudé à la masse métallique *b* de la bobine *c*, qui communique constamment avec la masse générale de l'appareil; son autre extrémité *d* aboutit au disque de cuivre isolé *f* sur lequel frotte le ressort de ligne *m*.

Pour se servir de l'appareil, on fait faire à la manivelle un demi-tour de droite à gauche; celle-ci entraîne dans le même sens la bobine induite *c* par l'intermédiaire de son cliquet *g*, et le ressort *h* se trouve bandé en même temps. La manivelle, qui fait partie de la masse de l'appareil, communique par le cliquet *g* au disque isolé *f* et par suite à l'extrémité *d* du fil induit, qui se trouve fermé sur lui-même. Lorsqu'elle est arrivée au bout de sa course, le cliquet *g* vient s'appuyer sur un butoir *j*, isolé de la masse de la bobine, et son ressort *k*, en fléchissant, lui fait abandonner la dent *l* du disque isolé. Le ressort *h* se détend alors et ramène la bobine et le disque de gauche à droite en établissant le courant seulement pendant la durée de sa détente. On ramène ensuite la manivelle au point de départ et le cliquet vient de nouveau prendre la dent du disque isolé.

Inducteur différentiel. — Appareil imaginé par M. Dove pour comparer l'influence exercée sur les décharges induites par l'introduction de divers métaux dans les bobines. Il se compose de deux hélices faites de deux gros fils de cuivre enroulés sur deux tubes de verre de 33 centimètres de longueur et de 2,5 centim. de diamètre, et placées dans l'intérieur de deux hélices plus grandes, enroulées autour d'un tube de carton et parfaitement identiques (fig. 430). Les deux bobines intérieures sont reliées par une extrémité, et les bobines extérieures aussi; mais ces communications sont établies de telle sorte qu'en faisant passer dans les bobines

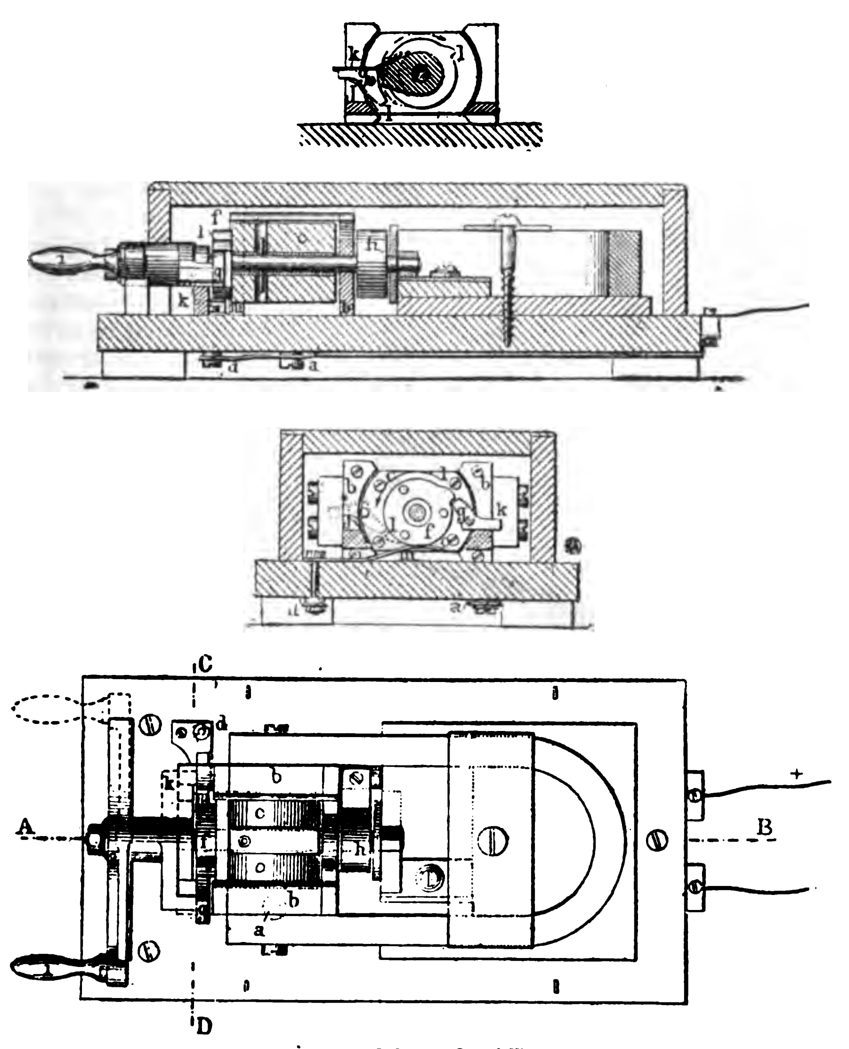


Fig. 429. — Inducteur Postel-Vinay.

extérieures la décharge d'une batterie de bouteilles de Leyde ou le courant d'une pile, interrompu par un rhéotome, on provoque dans les deux bobines intérieures des courants induits égaux et de sens contraires. Un observateur, tenant à la main des poignées reliées à ces bobines, ne reçoit pas de commotions. Mais, si l'on place dans l'une des bobines induites un morceau de métal, on ressent des commotions plus ou moins intenses, suivant la nature et la forme du métal introduit.

La balance d'induction de Hughes, décrite plus haut, n'est que la reproduction de cet appareil, mais en remplaçant les commotions par le téléphone, découvert depuis cette époque.

Inducteurs des machines d'induction. — Dans

les machines d'induction, on donne ce nom à l'ensemble des aimants ou des électro-aimants qui servent à produire le champ magnétique dans lequel tourne l'induit. La machine est dite magnéto-électrique, lorsque l'inducteur

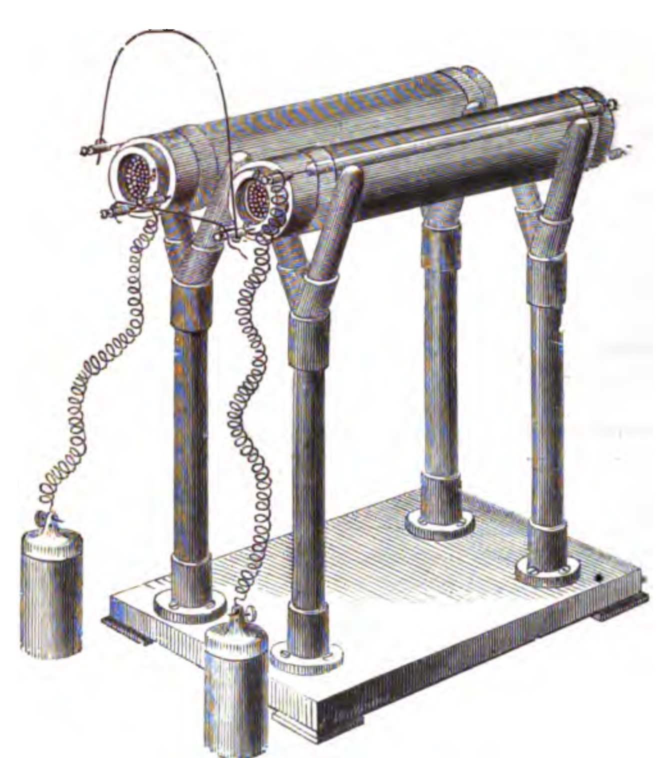


Fig. 430. — Inducteur différentiel.

est formé d'aimants. Pour rendre maximum la variation du champ magnétique, il faut disposer des pôles alternés le plus près possible du trajet de l'induit : on peut se servir d'aimants en U (machine Méritens) ou d'aimants rectilignes dont on fait alterner les pôles (machine Méritens, type d'atelier).

La machine est appelée dynamo-électrique lorsque le champ est produit par des électro-aimants. Nous avons indiqué au mot EXCITATION les divers moyens d'animer ces électro-aimants. Le noyau de fer doux des électros n'est pas indispensable : sa suppression diminue seulement l'intensité du champ. Ici encore les pôles doivent alterner.

Dans les deux cas, il est avantageux d'adapter aux pôles des pièces de fer doux qui emboîtent exactement l'induit mobile. (Machines Gramme, Méritens, etc.)

INDUCTION. — Production de courants sous l'influence d'un autre courant, d'un aimant ou de la terre. L'induction a été décou- Faraday en 1832. On désigne parfois nom d'*induction électrostatique* l'action par un corps électrisé sur un autre corp neutre (Voy. INFLUENCE).

Voici en quoi consisten nomènes découverts par F.

Induction par les courants. - sidérons un fil AB relié pôles d'une pile (fig. 431) interrupteur et CD un autre aux deux bornes d'un mètre G, de manière à avec celui-ci un circuit ferm terrupteur I étant fermé, est parcouru par un coura de A vers B ; si l'on appro ce fil du conducteur CD ou ment, le galvanomètre mo ce dernier est traversé par rant allant de D en C dure qu'un instant. Ce appelé courant *induit*, et AB est dit courant *induct* encore dans ce cas que induit est *inverse*, parce dirigé en sens contraire du inducteur.

Supposons maintenant avoir laissé revenir au guille du galvanomètre l'un de l'autre les deux verra aussitôt que le conduc est parcouru par un courant *direct*, c'est-à-dire dirigé de C en D. précédent, ce courant n'aura qu'une du courte.

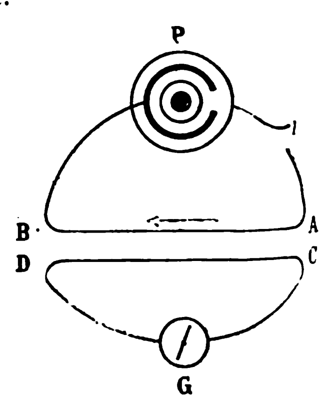


Fig. 431. — Principe de l'induction

Enfin les mêmes effets s'obtiendront fait varier le champ électrique, non plus

·ochant le courant inducteur, mais en augıtant ou diminuant son intensité. A plus ɜ raison, il en sera encore de même si, les ĸ fils étant voisins, on fait passer le courant ıcteur ou on l'interrompt en fermant ou en rant l'interrupteur I.

ar conséquent *un courant qui s'approche, qui mence ou qui augmente d'intensité produit dans ·ircuit fermé voisin un courant induit inverse; courant qui s'éloigne, qui finit ou qui diminue tensité provoque un courant induit direct.*

a disposition de la figure 431 se prête mal à vérification expérimentale : il faut, pour ıir un effet suffisant, donner aux fils AB et une très grande longueur. Il est plus commode alors de les enrouler sur deux bobines ;. 432) : la bobine intérieure AB, couverte d'un gros et court, communique avec la pile et ıterrupteur, et sert de bobine inductrice. La ɔine extérieure CD, à fil long et fin, est reliée galvanomètre ; c'est la bobine induite. La ɔine intérieure peut être approchée et introte brusquement dans l'autre, puis enlevée, ır réaliser le premier cas dont nous avons ·lé. Pour montrer l'action d'un courant qui nmence ou qui finit, on place d'avance les ux bobines l'une dans l'autre et on agit sur ıterrupteur. Enfin, pour produire à volonté e augmentation ou une diminution d'intené, on remplace l'interrupteur I par une petite bine de fil assez résistante, et on laisse le urant s'établir ; on produit alors au même int une dérivation très peu résistante ; c'est mme si l'on diminuait la résistance de la boıe. Les lois des courants dérivés permettent ·vérifier ce résultat.

Induction par les aimants. — Nous savons que ı aimants peuvent être assimilés à des soléıïdes : il est donc évident qu'on obtiendra ıcore des courants d'induction en remplaçant bobine intérieure par un aimant, qu'on approche ou qu'on éloigne. Les deux courants ıduits seront le premier inverse, le second irect, par rapport au solénoïde qui équivaudrait à l'aimant employé. On montre ce résultat l'aide de l'appareil représenté fig. 432 ; on upprime la bobine intérieure et l'on introduit aimant à sa place. Pour constater l'action d'un imant qui commence ou qui finit, on remplace a bobine intérieure par un cylindre de fer loux, qu'on aimante ou qu'on désaimante à ·olonté en approchant ou éloignant un aimant.

En résumé, un aimant qui s'approche, ou lont l'aimantation commence ou augmente produit un courant induit *inverse* par rapport au solénoïde qui le remplacerait ; un aimant qui s'éloigne, ou dont l'aimantation cesse ou diminue, fait naître un courant induit *direct.*

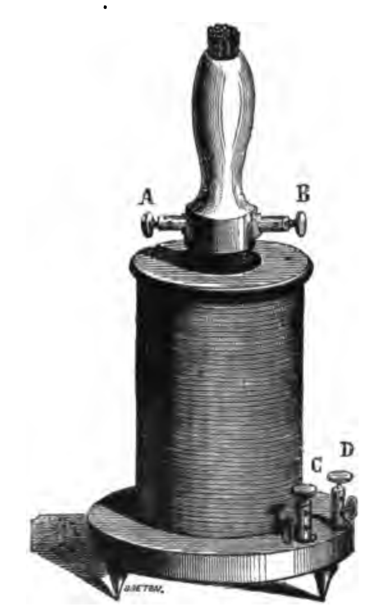


Fig. 432. — Double bobine pour l'induction (Carpentier).

Induction par la terre. — Enfin l'action de la terre peut également provoquer des courants d'induction, puisqu'elle produit un champ magnétique, dont nous ne pouvons, il est vrai, faire varier à volonté l'intensité, mais dans lequel on peut déplacer le circuit inducteur. Pour le constater, on dispose ordinairement une bobine plate perpendiculairement à l'aiguille d'inclinaison, position qui donne l'effet maximum, puis on la fait tourner rapidement : il s'y produit des courants induits qu'on peut recueillir.

Loi de Lenz. — Peu de temps après la découverte de Faraday, Lenz donna la loi suivante qui permet de prévoir dans un grand nombre de cas le sens des courants induits qui prennent naissance.

Tout courant induit par déplacement a un sens tel qu'il s'oppose à ce déplacement.

Prenons un exemple : lorsqu'on approche l'un de l'autre les deux fils AB et CD (fig. 431), il se produit un courant inverse. Mais nous savons que deux courants parallèles et de sens contraire se repoussent : donc l'action mutuelle des deux courants AB et CD tend à écarter les deux fils ; elle s'oppose donc au rapprochement qui a fait naître le courant induit.

Induction de divers ordres. — Un courant induit peut servir à son tour de courant induc-

teur et faire naître un courant induit dans un circuit voisin. Supposons qu'on relie la bobine extérieure d'un appareil analogue à celui de la figure 432, non plus à un galvanomètre, mais à la bobine intérieure d'un second appareil semblable ; la bobine extérieure du second appareil sera le siège de courants induits dits de second ordre : chaque fois qu'un courant induit de premier ordre traversera la bobine extérieure du premier appareil et la bobine intérieure du second, la bobine induite de ce dernier sera parcourue successivement par deux courants induits de second ordre, le premier inverse de celui de premier ordre, le second direct. Les courants de second ordre peuvent de même en induire d'autres, et ainsi de suite : mais on conçoit que le phénomène deviendra de plus en plus compliqué.

Diaphragmes ou écrans. — Supposons qu'au centre de la bobine intérieure (fig. 432) on ait ménagé une cavité dans laquelle on place un cylindre de cuivre, creux ou plein, et examinons l'effet de ce cylindre sur la bobine induite. Si l'on ferme le circuit inducteur, l'établissement du courant fait naître un courant inverse dans le cylindre comme dans la bobine extérieure : ces deux courants induits provoqués par le courant inducteur sont donc de même sens. Mais le courant induit du cylindre agit aussi sur la bobine extérieure et y produit un courant, inverse par rapport aux deux premiers et par conséquent direct par rapport au courant inducteur. Donc la bobine extérieure est le siège de deux courants simultanés et de sens contraires. L'effet du cylindre est donc de diminuer l'intensité des courants induits. On donne souvent à ce cylindre le nom de diaphragme : la même disposition est employée dans plusieurs appareils médicaux (Voy. Bobine) sous le nom d'écran, de modérateur, de graduateur. En fendant le cylindre dans toute sa longueur suivant une génératrice, il se comporte comme un circuit ouvert : il ne peut plus s'y produire de courants, et son effet est annulé.

Action du fer doux. — Nous avons supposé le diaphragme en cuivre : il est évident qu'il agira à peu près de même s'il est formé d'un autre métal non magnétique. Mais l'action sera plus complexe si le cylindre est en fer doux : d'un côté il agit comme un diaphragme métallique, mais d'autre part il s'aimante au passage du courant et par suite augmente l'induction. Il joue donc un double rôle, l'un nuisible, l'autre utile. Pour supprimer le premier effet et conserver le second, il suffit de fendre le fer doux dans sa longueur, ce qui empêche la production des courants induits sans empêcher l'aimantation. En réalité, le noyau de fer doux est constitué par une série de fils de fer, qui sont vernis pour les isoler et supprimer les courants : on voit cette disposition sur la figure 432.

Propriétés des courants induits. — Les courants induits ne diffèrent des courants hydro-électriques par aucune propriété importante, si ce n'est par leur durée extrêmement courte. Les deux courants induits, inverse et direct, qui se produisent dans les mêmes conditions, par exemple par la fermeture et la rupture d'un même courant inducteur, mettent en mouvement des quantités égales d'électricité, mais, comme la durée du courant direct est plus courte que celle du courant inverse, il possède une intensité et une énergie plus grandes. Il en résulte que les courants directs et inverses ont des actions absolument égales et contraires dans tous les cas où l'effet produit ne dépend que de la quantité d'électricité mise en jeu : galvanomètre, voltamètre, etc. Au contraire, l'action des courants directs l'emporte dans tous les effets qui dépendent de l'énergie : c'est ainsi qu'ils donnent plus facilement des étincelles, aimantent plus fortement les aiguilles, etc. Quand on interrompt le circuit induit, généralement le courant direct passe seul sous forme d'étincelle ou de lueur (tubes de Geissler).

L'expérience montre en outre que la force électromotrice d'un courant induit est proportionnelle à l'intensité du courant inducteur ; c'est pour cette raison qu'on prend le fil inducteur gros et court. Elle est aussi proportionnelle à la longueur du fil induit soumise à l'induction (c'est pourquoi ce fil est ordinairement long et fin) et en raison inverse de la résistance totale du circuit induit.

Extra-courants. — Un courant qui commence ou qui finit peut également produire des courants induits dans le fil même qu'il parcourt : c'est ce que Faraday a nommé *extra-courants* (Voy. Self-induction). Il doit se produire lorsque le courant commence un extra-courant inverse ou de fermeture qui en affaiblit l'effet et, quand le courant cesse, un extra-courant direct ou de rupture qui le renforce. Un courant n'acquiert donc jamais instantanément toute son intensité. Elle va d'abord en croissant pendant un temps très court, puis atteint sa valeur normale et reste constante tant que le circuit est fermé. Au moment de la rupture, l'extra-courant direct produit une brusque augmentation d'intensité.

C'est à ce dernier effet qu'est due l'étincelle qui se manifeste lorsqu'on interrompt un courant. Faraday a montré par des expériences directes l'existence des extra-courants.

Ces courants possèdent toutes les propriétés des autres courants induits.

Loi générale de l'induction. — Cette loi a été déduite par M. Helmholtz et par sir W. Thomson du principe de la conservation de l'énergie. Soit un circuit de résistance R, traversé par un courant, c'est-à-dire contenant une force électromotrice E; supposons qu'on fasse varier d'une manière quelconque le flux qui traverse ce circuit : il en résulte un certain travail des forces électromagnétiques, et, comme ce travail doit être fourni par la pile, l'intensité doit changer. On démontre qu'elle prend la forme

$$I = \frac{E - e}{R}.$$

C'est donc comme si l'on avait introduit dans le circuit une force électromotrice e. On démontre que cette force est égale à la dérivée du flux de force magnétique par rapport au temps, et dont le signe dépend du sens de la variation du flux. L'expérience montre qu'il en

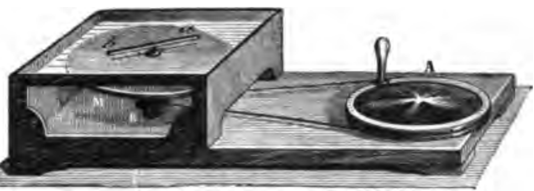


Fig. 433. — Expérience d'Arago (Ducretet).

est encore de même lorsque $E = 0$, c'est-à-dire quand le circuit fermé ne renferme pas de pile.

On déduit de là que : ***la quantité totale d'électricité mise en mouvement par l'induction est égale au quotient de la variation totale du flux par la résistance du circuit.***

Induction dans les masses métalliques; courants de Foucault. — Les courants induits peuvent se

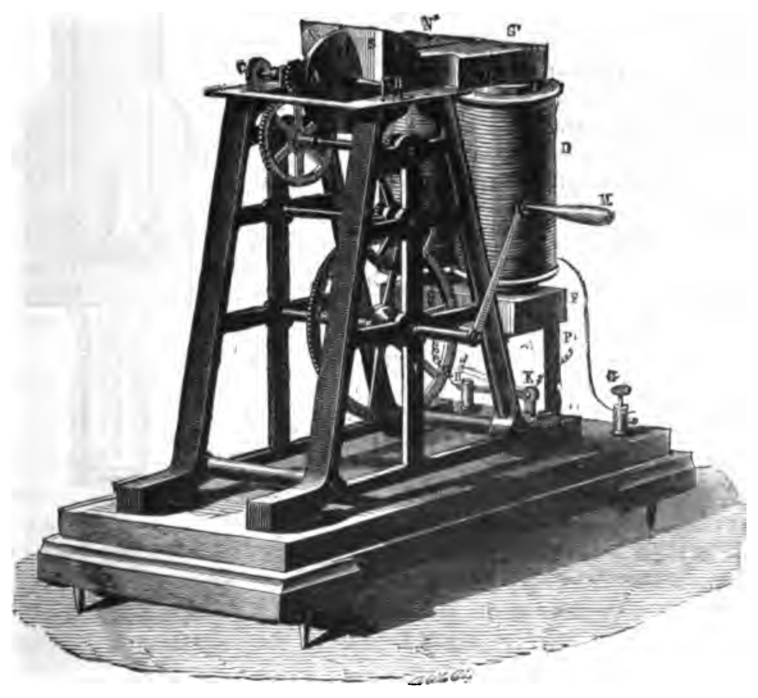


Fig. 434. — Appareil de Foucault (Ducretet).

produire dans une masse métallique comme dans un fil. C'est pour cette raison qu'on fait ordinairement en cuivre les cadrans des galvanomètres : les oscillations de l'aiguille y produisent des courants induits qui, d'après la loi de Lenz, s'opposent au mouvement et la ramènent plus vite au repos.

On explique de la même manière l'expérience

d'Arago qui consiste à faire tourner rapidement un disque de cuivre au-dessous d'un petit aimant mobile dans un plan horizontal (fig. 433); une plaque de verre, interposée entre le disque et l'aimant, empêche l'influence des courants d'air. Les courants induits qui prennent naissance dans la masse de cuivre s'opposent au déplacement relatif du disque et de l'aimant : le premier étant forcé de tourner, l'aimant se met aussi à tourner dans le même sens. Réciproquement, si l'on fait tourner un aimant en fer à cheval au-dessous d'un disque de cuivre, le disque se met en marche dans le même sens. Dans ces deux expériences, le mouvement ne se produit pas avec un disque formé d'une substance isolante, ou même si l'on a pratiqué dans le disque de cuivre un certain nombre de fentes suivant les rayons ; dans ce dernier cas, le disque est comparable à un circuit ouvert, et les courants ne peuvent plus s'y propager.

On explique de la même manière l'expérience bien connue de Foucault (fig. 434). Un disque de cuivre peut tourner entre les deux pôles d'un fort électro-aimant : quand le courant ne passe pas, il suffit d'un faible effort pour mettre le disque en mouvement. Dès qu'on fait passer le courant, le disque s'arrête; si l'on essaye de le remettre en marche, on constate qu'il faut faire un effort beaucoup plus considérable, et qu'il s'échauffe rapidement : le surcroît d'énergie dépensé dans ce cas est donc transformé en une quantité équivalente de chaleur.

M. Violle a pu déterminer par ce procédé l'équivalent mécanique de la chaleur. M. Tyndall a remplacé le disque de Foucault par un disque creux, rempli d'éther : la chaleur développée par la rotation vaporise l'éther, et le bouchon est projeté. C'est à cause de l'expérience précédente qu'on donne souvent le nom de *courants de Foucault* aux courants d'induction développés dans les masses métalliques.

INDUCTION SOLAIRE. — Explication des variations du magnétisme terrestre par des effets d'induction dus à l'action directe du soleil. Quet a publié divers mémoires à ce sujet. Il a trouvé, pour les principales forces élémentaires d'induction, une période d'un jour solaire moyen, une inégalité horaire de douze mois, une variation annuelle et une période dont la durée est égale à celle de la rotation apparente du soleil autour de son axe. Il a examiné également l'influence des orages électriques du soleil sur la terre.

INDUCTOMÈTRE. — Appareil imaginé par M. Miot pour l'exploration des champs magnétiques, et fondé sur le même principe que le galvanomètre à mercure. Il est formé d'un tube horizontal plein de mercure (fig. 435), au milieu

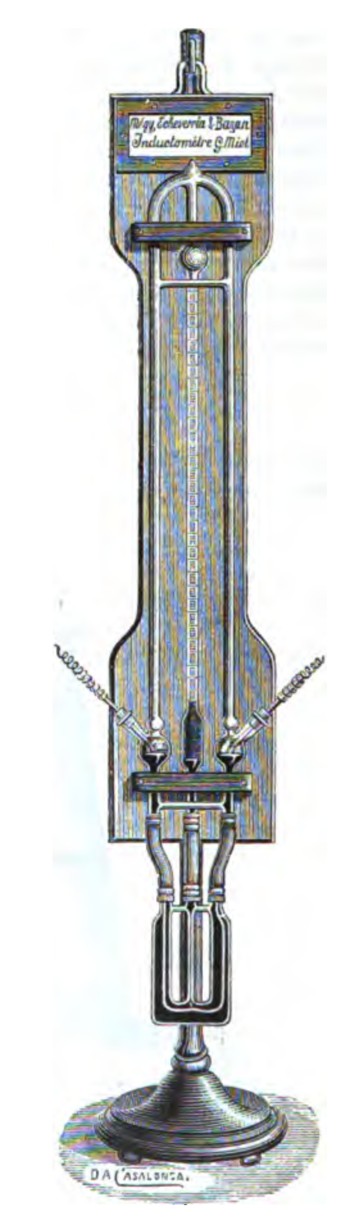


Fig. 435. — Inductomètre Miot.

duquel est soudé un tube vertical ; aux deux extrémités plongent deux électrodes fixées dans des bouchons de caoutchouc. Si le tube inférieur est placé normalement aux lignes de force magnétique, dans un champ d'intensité H,

et que le mercure soit parcouru par un courant d'intensité i, ce liquide exerce sur les parois une pression proportionnelle à H et à i, et s'élève par suite dans le tube du milieu jusqu'à une hauteur a. On a donc

$$a = kHi.$$

De là un moyen de déterminer H. La constante k peut être déterminée expérimentalement, ou calculée en écrivant que l'action électrodynamique est équilibrée par le poids du liquide soulevé. L'action électrodynamique est

$$\lambda Hi,$$

λ étant la plus grande longueur de la section de raccordement des deux tubes. Si s est la section du tube vertical, et d la densité du mercure, le poids est

$$sad.$$

On a donc

$$\lambda Hi = sad,$$

et par suite

$$k = \frac{\lambda}{sd}.$$

La partie inférieure de l'instrument, qui constitue l'explorateur, est formée, sur une longueur de 5 à 6 centimètres, par un tube très aplati, de 0,7 à 0,8 millimètre d'épaisseur, qui est relié à l'appareil par des tubes de caoutchouc, de sorte qu'on peut lui donner toutes les inclinaisons, et le placer dans les intervalles les plus réduits, sans changer la constante de l'appareil.

Pour augmenter les variations de niveau, le tube du milieu porte une ampoule et le mercure est surmonté d'une couche d'alcool. Un faible déplacement du mercure suffit pour faire monter rapidement l'alcool. Les hauteurs d'alcool sont encore proportionnelles à l'intensité du champ et à celle du courant. Pour soustraire le mercure et le liquide à l'air extérieur, les boules latérales sont surmontées de prolongements qui viennent se réunir à la partie supérieure du tube central.

Le mot inductomètre est encore employé comme synonyme de SONOMÈTRE. (Voy. BALANCE D'INDUCTION.)

INDUCTOPHONE. — M. Dunand a donné ce nom à un appareil qu'il a imaginé en 1882 pour la transmission de la parole. Sur deux disques de carton parallèles sont collées l'une vis-à-vis de l'autre deux spirales en fil de cuivre fin et isolé; ces deux disques sont séparés par un anneau de bois de 1 millimètre d'épaisseur et placés au fond d'une embouchure. On relie la première spirale aux deux pôles d'une pile, la seconde à un récepteur téléphonique : si l'on parle devant l'embouchure, les paroles sont perçues directement dans le téléphone.

INDUIT. — Qui est le siège de courants d'induction.

Induit d'une machine magnéto ou dynamo-électrique. — Partie de la machine dans laquelle prennent naissance les courants induits qu'on se propose d'utiliser.

La disposition de l'induit varie d'une machine à l'autre. Il peut être formé de deux ou de plusieurs bobines. (Voy. MACHINES D'INDUCTION.)

INERTIE ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE. — Propriété qui se manifeste dans les métaux parcourus par un courant électrique et qui retarde les transmissions télégraphiques ou téléphoniques. Le coefficient d'inertie est sensiblement nul dans le cuivre, mais il a une valeur notable dans le fer.

INFLUENCE ÉLECTRIQUE. — Tout corps placé dans un champ électrique devient lui-même électrisé. On dit qu'il est chargé *par influence.*

Théorème de Faraday. — *Lorsqu'un corps électrisé* A *est entouré complètement par un conducteur* B, *il se produit par influence sur la face interne de* B *une charge égale et de signe contraire à celle du corps* A.

Soit en effet m la charge du corps A et m' celle de la surface intérieure de B. Traçons une surface C comprise dans l'épaisseur de B (fig. 436),

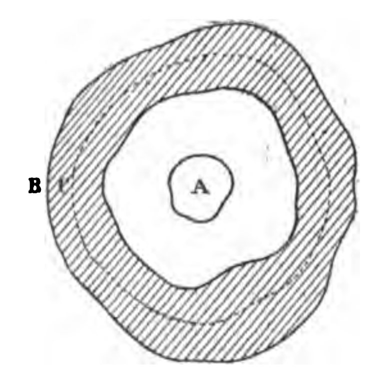


Fig. 436. — Théorème de Faraday.

et appliquons-lui le théorème de Gauss (voy. FLUX DE FORCE). Le conducteur étant en équilibre, le flux de force qui traverse la surface C est nul; d'ailleurs, il est égal au produit de 4π par la

somme algébrique des masses intérieures, qui est égale à $m + m'$. Donc

$$4\pi(m + m') = 0,$$

ou

$$m' = -m.$$

Cette démonstration, que nous empruntons à MM. Bichat et Blondlot, peut se répéter identiquement, quel que soit le nombre des corps tels que A, renfermés dans le conducteur.

Remarquons de plus que, si le conducteur B est isolé, sa surface extérieure prendra nécessairement une charge $+m$, puisqu'il n'a été mis en contact avec aucun corps électrisé.

Enfin la couche $-m$ prend sur la surface intérieure une distribution qui dépend de la position relative de la masse ou des masses A; au contraire, la couche extérieure se distribue d'une manière indépendante de la position de A, comme le ferait une couche en équilibre d'elle-même. L'action du système sur un point extérieur est la même que si cette couche existait seule.

Si l'on fait communiquer le conducteur B avec le sol, la couche extérieure disparaît; mais rien n'est changé pour les autres.

On vérifie ces résultats à l'aide du cylindre de Faraday (voy. ce mot) qu'on relie avec un électroscope. Si l'on introduit dans ce cylindre une petite sphère électrisée et isolée, dès qu'elle se trouve à une petite distance de l'orifice, on constate, bien que l'appareil ne soit pas complètement fermé, que la déviation reste invariable quand on déplace la sphère dans tous les sens, et même lorsqu'on lui fait toucher la surface intérieure du cylindre. Ce contact n'a pas d'autre effet que d'annuler les deux charges $+m$ et $-m$ qui se trouvaient sur la sphère et sur la surface intérieure; la charge $+m$ située sur la face extérieure et sur l'électroscope n'a pas changé.

Si l'on retire la sphère sans avoir touché le cylindre, les feuilles d'or retombent, ce qui prouve que les deux surfaces du cylindre avaient des charges égales et de signes contraires.

Si l'on touche le cylindre avec le doigt pendant que la sphère est dans l'intérieur, les feuilles d'or retombent, et la surface extérieure est seule déchargée. Si l'on amène ensuite la sphère au contact, toute trace d'électricité disparaît. Si au contraire on retire la boule, la couche $-m$, qui était sur la surface intérieure, passe à l'extérieur, et les feuilles divergent.

Il résulte du théorème de Faraday que, lorsqu'un corps électrisé est placé dans une salle à parois conductrices, ces parois prennent par influence une charge égale et contraire à celle du corps.

Supposons maintenant que, dans l'intérieur du conducteur B (fig. 436), on introduise un corps D en communication avec ce conducteur: il prendra une charge de signe contraire à celle de A, mais plus petite, puisqu'il ne forme qu'une partie de la surface intérieure de B. Si le corps D est isolé, sa charge totale doit rester nulle. Il prend donc une charge de signe contraire à celle de A sur la partie la plus rapprochée de ce corps, une charge égale, mais de même signe que celle de A, sur la partie la plus éloignée. Ces deux charges sont séparées par une ligne neutre.

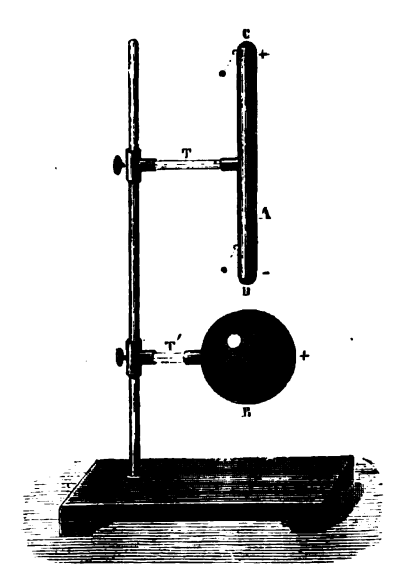


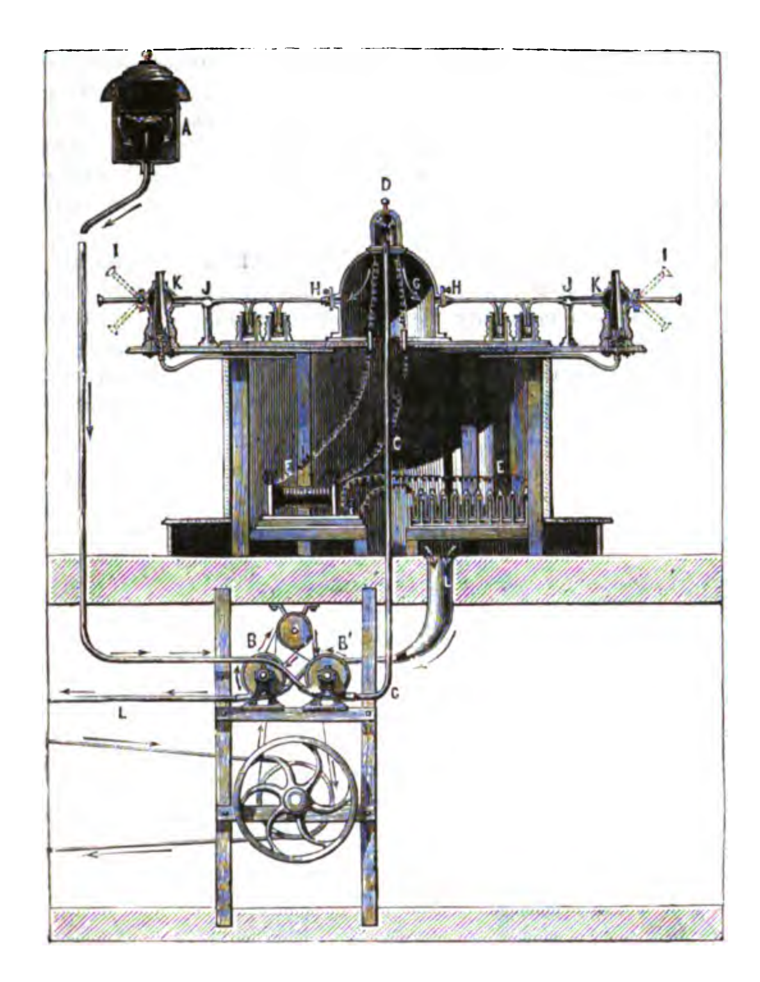
Fig. 437. — Influence électrique.

Ce dernier cas se présente lorsqu'on approche d'un corps électrisé un conducteur isolé, les deux corps étant dans une salle B. On le vérifie ordinairement à l'aide d'une sphère électrisée B (fig. 437), dont on approche un cylindre à l'état neutre CD. Si la sphère est positive, l'extrémité D se charge négativement et l'autre positivement; la ligne neutre est placée vers le milieu, mais plus près du point D, par exemple en A. Ces deux charges sont égales, car, si l'on décharge ou si l'on éloigne la sphère, le cylindre redevient neutre. Enfin, si l'on place des doubles pendules sur toute la longueur du cylindre, on voit la divergence augmenter depuis la ligne neutre jusqu'aux extrémités, ce qui prouve que la densité va en augmentant. Si l'on touche le cylindre avec le doigt en un

point quelconque, il reste chargé négativement.

Nous citerons encore le théorème suivant, qui est une application de celui de Faraday.

Théorème de Poisson. — *Des masses électriques*



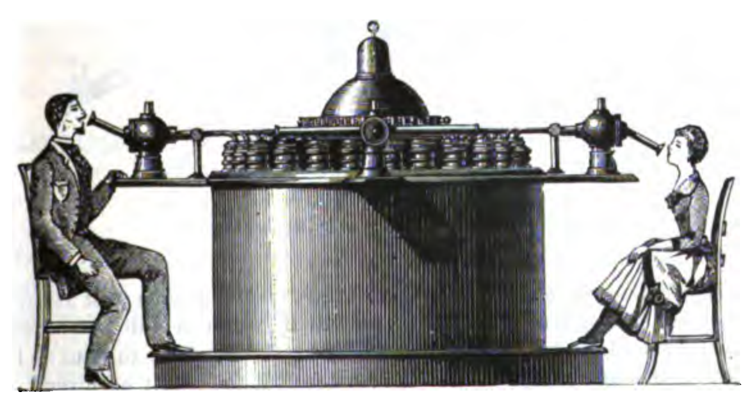


Fig. 438. — Inhalateur du Dr Huguet (de Vars).

données exercent, à l'extérieur d'une surface fermée quelconque qui les entoure, une action égale à celle d'une couche de même masse distribuée sur cette surface suivant une certaine loi.

Influence sur un corps déjà électrisé. — Si le corps soumis à l'influence possède déjà une certaine charge électrique, la charge due à l'influence se superpose à la première, de sorte que la densité en chaque point est la somme algébrique des deux densités.

Influence sur les corps diélectriques. — Les phénomènes d'influence se produisent de même avec les isolants, mais moins nettement. Sir W. Thomson a montré que ces corps se comportent, dans un champ électrique, comme si chaque molécule prenait à chacune de ses extrémités deux masses égales et contraires, ce qui revient à admettre, les charges intérieures se détruisant de proche en proche, qu'il se forme à la surface deux couches de signes contraires, à peu près comme sur un conducteur, mais avec des densités moindres. Si l'influence dure un temps appréciable, la pénétration de l'électricité altère les résultats.

Applications de l'influence. — L'influence joue un rôle dans tous les phénomènes d'électricité statique : elle explique l'attraction des corps légers, la condensation, etc. Lorsqu'on approche un conducteur isolé d'une machine électrique, il se charge d'abord par influence, puis, lorsqu'il a acquis une densité suffisante, une étincelle jaillit.

INHALATEUR. — Cet appareil, exposé par le Dr Huguet (de Vars) en 1889, présente une curieuse application de l'électricité. Il sert à introduire directement dans les voies respiratoires de l'air purifié, débarrassé des corpuscules en suspension dans l'atmosphère, et chargé d'ozone

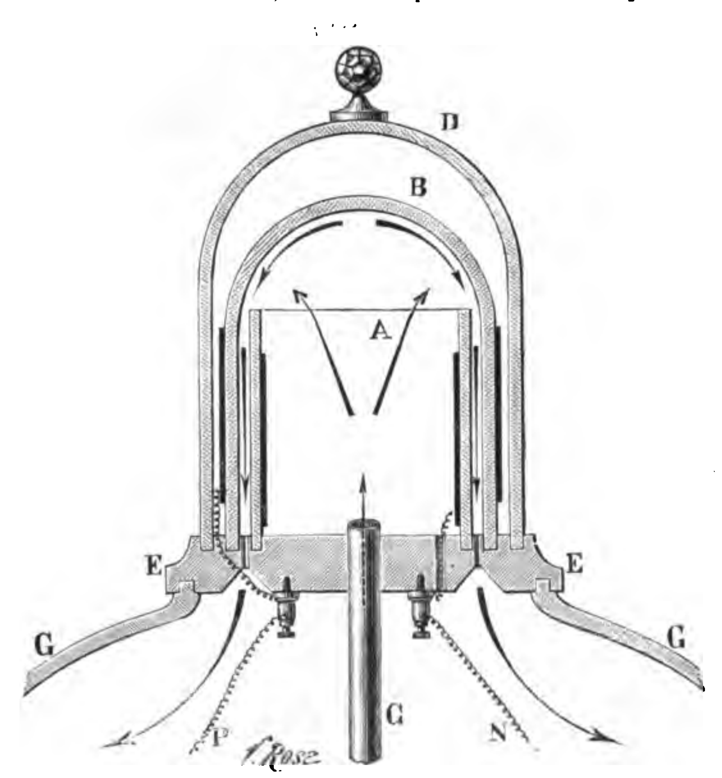


Fig. 439. — Appareil ozoniseur du Dr Huguet (de Vars).

et de principes médicamenteux appropriés à l'affection qu'on veut combattre, en même temps qu'il chasse au dehors les produits de l'expiration pulmonaire et les miasmes de la salle.

L'air, pris au dehors, traverse un filtre A (fig. 438), dans lequel une couche de coton, placée sur une toile métallique, arrête les corpuscules en suspension. Il traverse ensuite un liquide antiseptique, puis il est aspiré par un ventilateur B', qui le refoule par le tube C dans la petite cloche D, située au haut de l'appareil, et qui contient l'appareil ozoniseur. De là il va s'accumuler dans la grande cloche G, d'où il est distribué, par les valves H, dans des récipients contenant chacun une subsistance médicamenteuse différente. En ouvrant plusieurs valves,

on peut associer plusieurs substances. Après avoir barboté dans ces récipients, l'air, médicamenté ou non, se rend dans l'une des rampes J, puis dans une des sphères K contenant un système de chauffage destiné à le porter à la température voulue. Il arrive enfin dans les tubes inhalateurs I, terminés par des pièces mobiles à rotule, qui permettent de les tourner dans tous les sens.

Un second ventilateur B, actionné par le même moteur que le premier, aspire les gaz provenant de l'expiration des malades, et les rejette au dehors par la tubulure L.

L'appareil ozoniseur (fig. 439) se compose d'un cylindre de verre A, recouvert d'étain intérieurement, et d'une clocle B, garnie d'étain à l'extérieur; le tout est recouvert d'une cloche D et repose sur un socle en ébonite E. Les feuilles d'étain sont reliées par les bornes PN aux deux pôles d'une bobine d'induction F, actionnée par une pile E.

INJECTION DES POTEAUX TÉLÉGRAPHIQUES. — Opération ayant pour but de préserver les poteaux de l'action destructive de l'humidité. On a essayé successivement divers antiseptiques, tels que le goudron, l'huile de lin, la créosote, le chlorure de zinc. On les injecte ordinairement de sulfate de cuivre par le procédé Boucherie. La solution, contenant 1 kilogramme de sulfate pour 100 litres d'eau, est placée dans un réservoir un peu élevé, communiquant par des tuyaux avec la base de tous les poteaux, qui sont rangés parallèlement, la pointe sur le sol, et la base élevée d'environ 1 mètre. Le liquide antiseptique pénètre dans les vaisseaux, en chassant la sève, qui sort par la pointe. Quand le sulfate sort à son tour par l'extrémité inférieure, l'injection est terminée. On écorce ensuite les poteaux, on les polit à la plane, et on les empile dans un endroit bien aéré.

INSECTE ÉLECTRIQUE. — D'après l'*Electrician*, on aurait observé deux cas d'insectes capables de donner des secousses analogues à celles des torpilles.

INSTALLATION. — 1° *D'un poste télégraphique ou téléphonique.* (Voy. MONTAGE.)

2° *D'une ligne télégraphique ou téléphonique.* — On nomme installation *fixe* celle d'un conducteur qui est arrêté à tous les poteaux, et installation *lâche* celle dans laquelle le conducteur s'appuie sur les isolateurs sans être arrêté à tous les poteaux.

INTÉGRATEUR ÉLECTRIQUE. — Instrument servant à indiquer l'intensité d'un courant.

INTENSITÉ D'AIMANTATION. — L'intensité d'aimantation en un point d'un aimant est le rapport du moment magnétique d'un élément de volume pris autour de ce point au volume de l'élément, ou le moment magnétique de l'unité de volume autour de ce point. Si $2l$ est la longueur de l'élément, v son volume et m la masse de chacune de ses extrémités, l'intensité d'aimantation est

$$\frac{2lm}{v}.$$

Lorsqu'elle est constante de grandeur et de direction, l'aimantation est uniforme, et le moment total est égal au produit du volume de l'aimant par cette intensité. (Voy. AIMANT.)

INTENSITÉ DE CHAMP ÉLECTRIQUE OU MAGNÉTIQUE. — On nomme intensité du champ en un point l'intensité de la force qui agirait sur l'unité d'électricité positive ou sur l'unité de pôle magnétique placée en ce point.

L'unité d'intensité de champ est l'intensité du champ qui agit avec l'unité de force sur l'unité d'électricité ou sur l'unité de pôle magnétique.

Mesure de l'intensité du champ magnétique terrestre. — En un même lieu, l'action de la terre produit un champ magnétique uniforme (Voy. CHAMP). Pour mesurer l'intensité de ce champ, on se borne ordinairement à déterminer la composante horizontale H : connaissant d'ailleurs l'inclinaison i, on a pour l'intensité totale

$$T = \frac{H}{\cos i}.$$

Dans les appareils enregistreurs, on mesure H et Z et l'on en tire i. Pour obtenir H, on prend un barreau aimanté, dont le moment magnétique est M, et l'on mesure, comme nous allons l'indiquer, le produit MH et le quotient $\frac{M}{H}$. Le rapport de ces deux quantités fait connaître H^2.

Le produit MH se détermine par la méthode des oscillations ou par la méthode de torsion (Voy. MOMENT MAGNÉTIQUE).

Pour avoir le quotient $\frac{M}{H}$, on observe, d'après la méthode de Gauss, l'action du barreau sur une très petite aiguille aimantée, pouvant tourner dans un plan horizontal. Le barreau est placé perpendiculairement au méridien, à une distance d du centre de la petite aiguille; il peut d'ailleurs occuper deux positions princi-

pales : il peut être dirigé suivant la perpendiculaire au méridien passant par le centre de l'aiguille, ou bien au contraire avoir son milieu dans le méridien, sur le prolongement de la position d'équilibre de l'aiguille. Dans les deux cas, l'aiguille est déviée. On démontre que, dans la première position, son action sur l'aiguille est

$$\frac{Mm}{d^3},$$

m étant la masse d'un des pôles de cette aiguille. Si le petit barreau est dévié d'un angle α sous l'influence de cette force et de l'action de la terre, on a

$$\frac{Mm}{d^3}\cos\alpha = mH\sin\alpha.$$

D'où

$$\frac{M}{H} = d^3\,\mathrm{tg}\,\alpha.$$

Si l'on choisit la seconde position, on démontre que l'action du barreau est

$$\frac{2Mm}{d^3}$$

et l'on a par suite

$$2\frac{M}{H} = d^3\,\mathrm{tg}\,\alpha.$$

Dans les deux cas, on obtient donc une valeur de $\frac{M}{H}$, soit

$$\frac{M}{H} = k.$$

Si l'on a d'autre part

$$MH = k',$$

on en tire

$$H = \sqrt{\frac{k'}{k}}.$$

Les formules précédentes ne donnent qu'un résultat approché. On obtient une plus grande approximation en répétant l'expérience pour deux distances différentes d et d'.

On a pour la première position

$$\frac{M}{H} = \frac{d'^5\,\mathrm{tg}\,\alpha' - d^5\,\mathrm{tg}\,\alpha}{d'^2 - d^2}.$$

On obtient les meilleures conditions en prenant

$$\frac{d}{d'} = \frac{3}{4}.$$

Nous décrirons plus loin (Voy. MAGNÉTOMÈTRE) les appareils qui servent à mesurer MH et $\frac{M}{H}$.

A Paris, l'intensité totale et ses composantes étaient au 1er janvier 1889 :

$$T = 0{,}46559$$
$$H = 0{,}19508$$
$$Z = 0{,}42275.$$

INTENSITÉ DE COURANT. — Un courant a la même intensité qu'un autre lorsqu'il produit les mêmes effets dans des conditions identiques. Il a une intensité double s'il produit le même effet que deux courants égaux au premier. Tous les effets des courants peuvent donc servir à mesurer leur intensité, mais ces effets ne sont pas toujours proportionnels à l'intensité : lorsque cette proportionnalité n'existe pas, il faut faire une graduation. On a choisi parmi les effets des courants ceux qui se prêtent le mieux aux mesures ; ce sont les actions chimiques, électromagnétiques et électrodynamiques.

Unité d'intensité. — Dans le système électromagnétique C. G. S., l'unité d'intensité se définit de la manière suivante. Considérons un petit circuit plan AB, en forme d'arc de cercle, ayant 1 centimètre de longueur et 1 centimètre de rayon, et plaçons à son centre un pôle magnétique P égal à l'unité de pôle ; l'action électromagnétique d'un courant traversant AB tend à déplacer ce pôle suivant une perpendiculaire au plan PAB. L'unité d'intensité est l'intensité du courant qui, passant dans le petit circuit AB, exercera sur le pôle P une action égale à 1 dyne.

D'ailleurs, l'intensité d'un courant est définie par la quantité d'électricité qui traverse le conducteur en 1 seconde. Si l'intensité du courant est 1, la quantité d'électricité qui traverse chaque section en une seconde est donc égale à l'unité de quantité.

Mais ces deux unités sont beaucoup trop grandes pour la pratique : on se sert donc habituellement d'une unité pratique appelée *ampère*, qui vaut 10^{-1} unités C. G. S. C'est l'intensité produite par une force électromotrice d'un volt dans un circuit ayant 1 ohm de résistance.

Lorsque l'intensité est 1 ampère, il passe en 1 seconde une quantité d'électricité égale à 1 *coulomb* (unité pratique).

Le coulomb vaut 10^{-1} unités C. G. S. de quantité.

Mesure des intensités. — 1° *Par les actions*

chimiques. — D'après la loi de Faraday, le poids d'un électrolyse décomposé en une seconde est proportionnel à la quantité d'électricité qui traverse la solution. La quantité décomposée en une seconde peut donc servir à mesurer l'intensité du courant en valeur absolue.

Parmi les effets chimiques, la décomposition de l'eau acidulée a l'inconvénient d'exiger des mesures de volumes gazeux toujours difficiles à effectuer avec précision ; cependant Bertin a donné au voltamètre une forme très commode, et cette méthode a l'avantage de dispenser de l'emploi d'une balance; une simple lecture suffit. L'électrode négative P' (Voy. VOLTAMÈTRE) est seule recouverte d'une éprouvette dans laquelle on recueille l'hydrogène jusqu'à ce que le niveau soit le même dans l'éprouvette et dans le vase extérieur; le gaz recueilli est alors à la pression atmosphérique. On mesure son volume V en centimètres cubes, son poids est en milligrammes

$$P = 1,293 . V \times 0,069 \frac{H - F}{76} \frac{1}{1 + \alpha t},$$

H et F étant la pression atmosphérique et la tension maxima de la vapeur d'eau (exprimées en centimètres), t la température et α le coefficient de dilatation des gaz.

Or un courant d'un ampère donne 0,01041 milligramme d'hydrogène par seconde. Si l'expérience a duré t secondes, l'intensité est

$$I = \frac{P}{0,01041\, t}.$$

Le manchon M peut être rempli d'eau froide pour mieux connaître la température du gaz. On recueille l'hydrogène plutôt que l'oxygène, parce que, le volume étant plus grand et la densité plus petite, on a plus de précision : en outre les actions secondaires influent moins sur le volume de l'hydrogène.

On se sert plus souvent encore de l'électrolyse d'un sel métallique tel que le nitrate d'argent. L'équivalent élevé de l'argent, qui est 108, donne à ces mesures une grande précision. On intercale dans le circuit un tube contenant du nitrate d'argent, dans lequel plongent deux électrodes de ce métal ; on détermine au bout d'un certain temps, t secondes par exemple, l'augmentation de poids de l'électrode négative et la perte de l'électrode positive, et l'on prend la moyenne de ces deux nombres, soit p mg. C'est le poids déposé en t secondes. En une seconde le poids déposé serait $\frac{p}{t}$. Pour avoir l'intensité, il suffit de connaître le poids d'argent que déposerait dans le même temps un courant d'un ampère : c'est 1,1248 mg. Les intensités étant proportionnelles aux poids d'argent, on a

$$I = \frac{p}{1,1248\, t}.$$

2° *Par les actions électromagnétiques.* — La méthode précédente a l'inconvénient de demander un certain temps, pendant lequel l'intensité peut varier : elle ne permet pas alors de constater ces variations, et donne seulement l'intensité moyenne. Elle exige en outre que le courant soit capable de décomposer l'eau ou les sels. Aussi emploie-t-on plus souvent l'action sur l'aiguille aimantée.

Les boussoles des tangentes et des sinus donnent également des indications absolues, à condition qu'on les ait tarées une fois pour toutes.

Avec le premier instrument, on a

$$I = \frac{H}{G} \operatorname{tg} \alpha,$$

H étant la composante horizontale du champ terrestre et G la constante de l'instrument, c'est-à-dire l'action qu'il exercerait sur un pôle d'aiguille de masse 1, étant parcouru par un courant d'intensité 1. H est connue; on peut déduire G des dimensions du cadre. On peut encore tarer l'instrument en y faisant passer un courant d'intensité connue, ce qui détermine le rapport $\frac{H}{G}$.

Les mêmes remarques s'appliquent à la boussole des sinus, pour laquelle on a

$$I = \frac{H}{G} \sin \alpha.$$

Les galvanomètres servent surtout à comparer les intensités relatives des courants, lorsqu'on n'a pas besoin de mesures absolues : lorsque les déviations sont un peu grandes, on est obligé de graduer l'instrument. Cependant les galvanomètres étalonnés (ampèremètres) donnent l'intensité en valeur absolue.

On peut même obtenir des indications absolues avec un galvanomètre ordinaire, si on l'a préalablement taré par comparaison avec une boussole des tangentes, ou en y faisant passer le courant d'une pile de force électromotrice connue et en mesurant la résistance totale du circuit.

3° *Par les actions électrodynamiques.* — On peut employer enfin les électrodynamomètres;

ils ne sont pas généralement aussi sensibles que les galvanomètres, mais ils ont l'avantage de se prêter à la mesure des courants alternatifs, d'être indépendants du champ magnétique extérieur et enfin de donner facilement des mesures absolues : nous signalerons notamment les *ampères étalons* décrits plus haut (Voy. ÉLECTRODYNAMOMÈTRES).

4° *Mesure indirecte.* — On peut encore déduire l'intensité de la loi d'Ohm, connaissant la différence de poteniiel e aux deux extrémités d'une résistance connue R intercalée dans le circuit.

$$I = \frac{e}{R}.$$

La Compagnie Edison-Swan construit des bobines étalons de $1, \frac{1}{10}, \frac{1}{100}, \frac{1}{1000}$ ohm, destinées à cette mesure.

La différence de potentiel est mesurée en volts par un volmètre Edison-Swan, à lecture rapide : il suffit de multiplier la lecture par 1, 10, 100, 1000 pour avoir l'intensité en ampères. Le fil est en argent allemand, capable de supporter le courant sans trop s'échauffer : il est renfermé dans une boîte ronde en métal portant les bornes nécessaires pour les communications. Le voltmètre est disposé pour servir aussi avec les courants alternatifs. Une lame de cuivre permet de mettre l'appareil en court circuit.

INTENSITÉ D'ÉLECTRISATION. — D'après la théorie de W. Thomson, un diélectrique, placé dans un champ électrique, prend à sa surface une couche développée par polarisation, et dont la densité μ est en chaque point proportionnelle à la composante normale du champ en ce point

$$\mu = if \cos \alpha,$$

f étant l'intensité du champ en ce point dans le diélectrique, et α l'angle de la direction du champ avec la normale à la surface : i est le coefficient d'*électrisation*. Cette quantité est liée à la constante diélectrique k par la relation

$$k = 1 + 4\pi i.$$

Enfin le produit if est appelé *intensité d'électrisation*, par analogie avec l'intensité d'aimantation.

INTERCOMMUNICATION ÉLECTRIQUE. — On donne le nom d'intercommunication aux systèmes imaginés pour permettre aux voyageurs d'un train en marche d'appeler les employés. On donne encore ce nom aux systèmes qui ont été essayés pour mettre les employés d'un train en marche en communication avec les agents des gares.

Le système électrique employé pour permettre aux voyageurs d'appeler le conducteur pendant la marche du train est généralement celui de M. Prudhomme. Nous prendrons pour exemple la disposition adoptée par la Compagnie du Nord, qui a été complétée par le Service du Matériel et par le Service télégraphique de cette Compagnie.

Deux fils isolés vont d'une extrémité à l'autre du train, et aboutissent, dans chacun des fourgons extrêmes, à une pile et une sonnerie. Le tout constitue un circuit normalement fermé ; mais, les deux piles étant montées en opposition, aucun courant ne le traverse, et les sonneries restent muettes. Si l'on établit au contraire, dans un des wagons, une communication entre les fils de ligne en tirant le signal d'alarme, l'équilibre est rompu, et les sonneries tintent d'une manière continue.

De chaque côté du wagon, sous la caisse même de la voiture, est fixé un câble isolé. L'un des câbles relie deux buttoirs placés aux extrémités du wagon, et se prolonge d'un bout à l'autre des trains au moyen des barres d'attelage avec lesquelles il communique pour prendre la terre; afin de suppléer au défaut de communication de ces barres entre elles, on les relie encore par les plaques de garde aux essieux et par suite aux rails. L'autre câble se bifurque en arrivant à l'arrière et à l'avant du véhicule : une des branches, constituée sur une certaine longueur par une corde en cuivre souple bien isolée, porte un fort anneau en bronze ou en fonte malléable ; l'autre branche aboutit à une tige à crochet qui, sous l'action d'un ressort énergique, tend à venir au contact du buttoir correspondant.

Lorsqu'on accroche un des anneaux en fonte sur une des tiges à ressort, en le faisant pénétrer jusque vers l'axe de cette tige, il s'engage dans une gorge cylindrique qui l'empêche de remonter et, dans cette position, il maintient la tige du crochet isolée du buttoir. Le crochet et l'anneau sont d'ailleurs disposés à droite et à gauche de la barre d'attelage, de manière que, lorsqu'on relie deux voitures, chaque crochet ait en face de lui l'anneau qui doit y être engagé. Quant aux anneaux placés à l'avant de la première voiture et à l'arrière de la dernière, on les engage dans les crochets fixés sur la même paroi.

Dans un train ainsi organisé, on a donc deux

fils isolés qui vont d'une extrémité à l'autre : l'un relie les buttoirs, les barres d'attelage et les rails en un conducteur unique ; l'autre passe d'une voiture à l'autre au moyen du contact qui existe entre les tiges à crochet et les anneaux qui y sont engagés.

Dans chaque compartiment est disposé un anneau suspendu à une chaînette ; en tirant cet anneau, on fait communiquer les deux fils, et en même temps on fait saillir perpendiculairement à la voie, à l'extérieur et de chaque côté du wagon, un voyant blanc qui indique le compartiment d'où est parti l'appel.

Si, par défaut d'attelage ou pour tout autre raison, une ou plusieurs voitures se détachaient du train, les anneaux en fonte se trouveraient retirés, au point de rupture, des tiges à crochet ; ces tiges retomberaient brusquement sur les buttoirs, réuniraient les fils et feraient tinter les deux sonneries.

Les piles sont formées de vases en ébonite contenant un véritable élément Leclanché : le zinc est logé dans un angle du vase et séparé de la matière active par une cloison en bois paraffinée et percée de trous.

Chaque fourgon contient en outre un commutateur d'appel qui permet, en tournant une manette, de faire marcher les deux sonneries.

Pour que les trépidations et les oscillations du train ne fassent pas tinter les sonneries, on substitue à l'électro-aimant en fer à cheval deux électro-aimants droits, et l'on fait butter la partie supérieure de l'armature contre la branche horizontale d'un levier coudé, en fer doux et cuivre, mobile autour de son axe, l'autre branche étant placée devant les pôles libres des électros. Lorsque ceux-ci agissent, ils attirent la branche verticale du levier, qui s'incline et dégage le marteau, qui peut venir frapper sur le timbre ; lorsque les électros sont inactifs, le levier revient, en vertu de son poids, à sa position première et s'oppose de nouveau au mouvement du marteau.

On vérifie rapidement l'état des piles et des sonneries à l'aide d'une poignée de résistance. C'est une bobine en forme de poignée, dont le fil a une résistance au moins égale à celle du circuit d'un train entier dans les conditions les moins favorables ; ce fil se termine par deux pièces métalliques à l'aide desquelles on ferme rapidement le circuit d'une pile et d'une sonnerie.

La Compagnie P.-L.-M. emploie un système analogue, mais le signal d'alarme ressemble aux boutons de sonnerie ordinaires.

Dans le système de la Compagnie de l'Est, étudié par M. Napoli, on a supprimé l'automaticité, qui est inutile, les trains étant munis de freins automatiques système Westinghouse.

Enfin divers systèmes ont été essayés pour établir l'intercommunication entre les trains et les gares. On a essayé notamment de relier l'appareil télégraphique placé dans le fourgon à la station par l'intermédiaire d'une brosse métallique frottant sur un rail isolé ; mais il est fort difficile de maintenir l'isolement du rail.

INTERRUPTEUR. — Appareil servant à fermer et à rompre un circuit. Le plus souvent, les





Fig. 440. — Interrupteurs à fiche (Bréguet).

interrupteurs permettent en même temps de changer le sens du courant : ils prennent alors le nom de commutateurs (Voy. ce mot) ; tels sont généralement les interrupteurs employés dans les laboratoires. Nous indiquerons seulement ici les interrupteurs proprement dits.

Les interrupteurs servent surtout dans les installations d'éclairage ou dans les distributions d'énergie électrique. Il existe une foule de modèles : les unes sont formés d'une simple fiche métallique qui s'enfonce entre deux lames de cuivre et les réunit ; la figure 440 en

montre deux modèles dont l'un est muni d'un coupe-circuit. D'autres sont formés d'une manette qui tourne autour de son centre et vient fermer le circuit en s'appuyant sur une

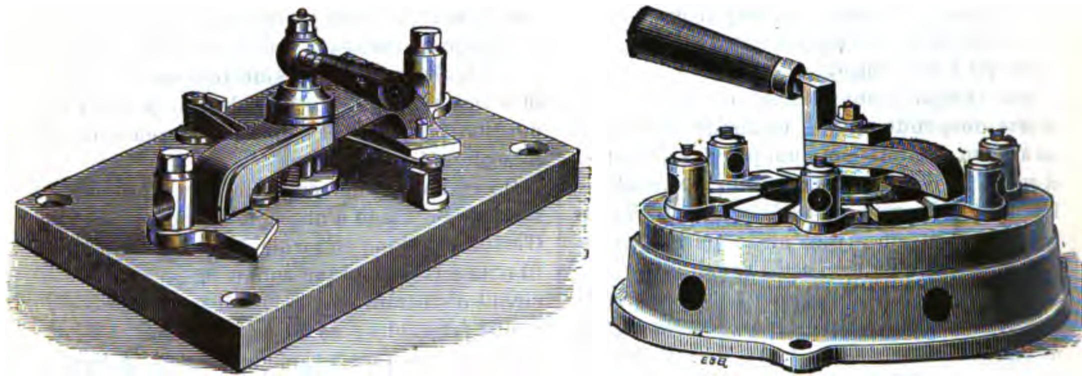


Fig. 441. — Interrupteurs Woodhouse et Rawson.

lame métallique : tels sont ceux qu'on emploie souvent sur les lignes télégraphiques ; nous en donnons une figure au mot PARATONNERRE.

La figure 441 en représente d'autres types, destinés à des courants plus intenses, et fabriqués par MM. Woodhouse et Rawson. Dans ces appareils, la manette est composée d'un certain nombre de minces bandes de laiton, qui sont réunies seulement au centre, et forment autant de ressorts indépendants qui pressent de champ sur les contacts. Le second modèle est spécialement destiné aux accumulateurs. Pour éviter de mettre la source en court circuit, on a placé sous le socle d'ardoise une bobine de résistance convenable, montée sur un cadre de fibre vulcanisée. Le tout est vissé sur un socle creux en fonte, percé de trous pour laisser passer l'air et empêcher l'échauffement.

Pour les courants intenses, la tige métallique est souvent double et rompt le circuit en deux points à la fois, afin d'éviter les étincelles

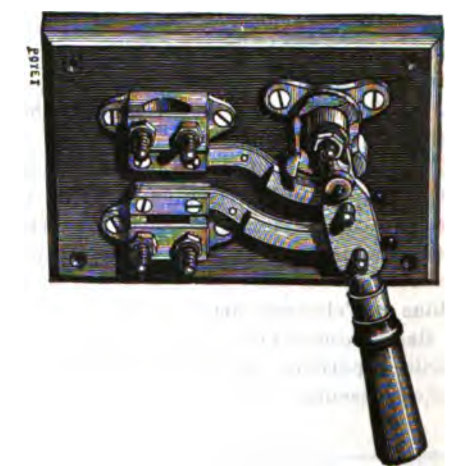


Fig. 442. — Interrupteur Edison.

d'extra-courant, qui détériorent rapidement

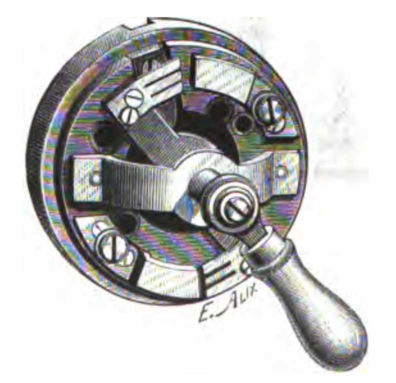




Fig. 443. — Interrupteur Bréguet.

les surfaces ; tels sont les modèles de la Société Edison (fig. 442), de la maison Bréguet (fig. 443). Dans d'autres modèles, la tige isolante qui sert à manœuvrer l'interrupteur présente la forme

d'une clef de robinet, de sorte que la manœuvre à faire pour allumer ou éteindre les lampes commandées par l'appareil est la même que pour ouvrir ou fermer un bec de gaz : tels sont ceux de la figure 444 construits par MM. Woodhouse et Rawson. L'usage de ces appareils se comprend à l'inspection du dessin : ils sont formés de plusieurs ressorts superposés,





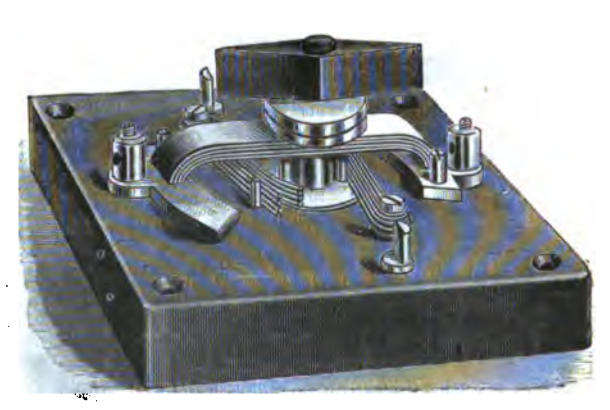


Fig. 444. — Interrupteurs Woodhouse et Rawson.

réunis seulement au centre, et exerçant une pression énergique sur les contacts. Le premier est muni d'un coupe-circuit à lame de plomb et d'un couvercle métallique, indiqué en traits ponctués.

Enfin la figure 445 montre des interrupteurs destinés à des circuits importants. Le premier est muni d'un coupe-circuit magnétique (Voy. ce mot). Le second est un interrupteur double avec coupe-circuit fusibles.

Interrupteurs automatiques. — On fait souvent usage dans les laboratoires d'instruments des-

tinés à produire dans un circuit des interruptions régulières et plus ou moins fréquentes. Tel est l'interrupteur à mercure de Foucault, que nous avons décrit et figuré à propos de la



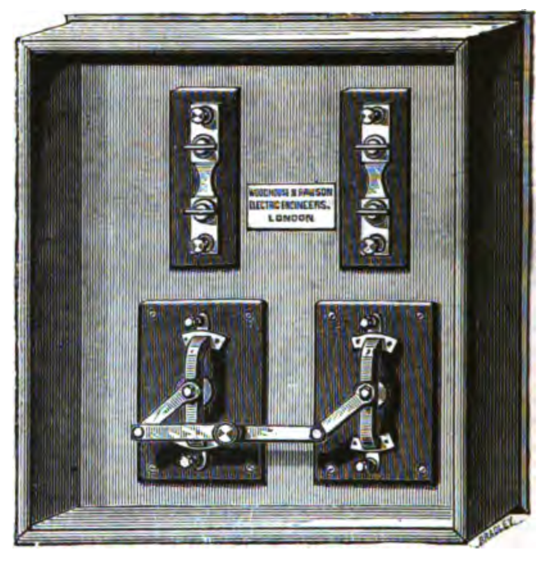


Fig. 445. — Interrupteurs Woodhouse et Rawson.

bobine de Ruhmkorff. Spottiswoode a fait construire un interrupteur analogue, formé d'une

Fig. 446. — Interrupteur rapide de Spottiswoode.

pointe métallique qui reçoit d'un mécanisme d'horlogerie un mouvement alternatif de bas en haut (fig. 446), et vient ainsi plonger à intervalles égaux dans le mercure placé au fond d'un vase de verre. La fréquence des interruptions se règle au moyen d'ailettes, que l'on peut tourner de façon qu'elles présentent à l'air plus ou moins de résistance. Une couche d'alcool recouvre le mercure, comme dans l'interrupteur de Foucault, pour empêcher les étincelles.

Masson et Bréguet ont employé, dans leurs expériences sur l'induction, un interrupteur qu'on désigne souvent sous le nom de *rhéotrope*. C'est une roue de verre dont la circonférence est recouverte d'une bande de cuivre, continue sur une moitié de sa largeur et formée sur l'autre moitié de dents métalliques, séparées par des espaces vides qui laissent voir le verre. Deux ressorts, placés de part et d'autre de la roue, amènent le courant ; ils frottent l'un sur la bande continue, l'autre sur les dents. Lorsqu'on tourne la roue, ce dernier rencontre alternativement les dents métalliques et le verre ; le circuit est fermé dans le premier cas, ouvert dans le second. Cet appareil, adapté aux premières bobines de Ruhmkorff, est encore utilisé quelquefois.

M. Gordon a employé, pour ses expériences sur la constante diélectrique, un interrupteur

à grande vitesse (fig. 447), fondé sur le même principe et formé d'une petite machine électro-magnétique, dont le volant a environ 5 centimètres de diamètre. Soixante fentes sont pratiquées sur la circonférence de ce volant et remplies d'ébonite : un ressort léger appuie sur

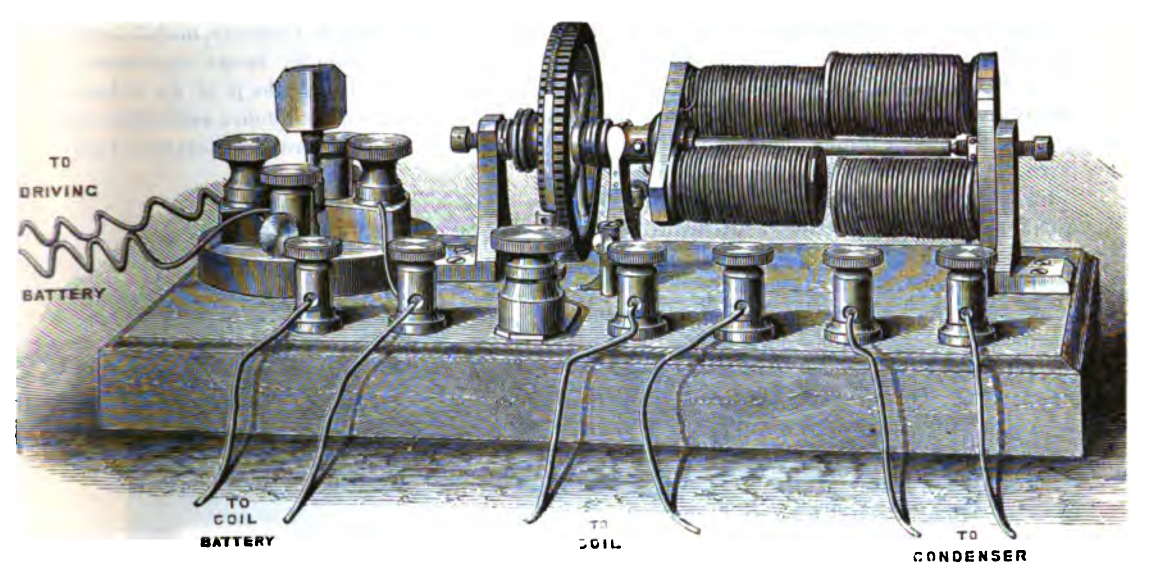


Fig. 447. — Interrupteur à grande vitesse de Gordon.

To driving battery = à la pile du moteur; *To coil battery* = à la pile de la bobine; *To coil* = à la bobine; *To condenser* = au condensateur.

la circonférence et le courant doit passer du ressort au volant. Il y a donc 60 fermetures et 60 ruptures par tour. La machine faisait exactement 100 tours par seconde ; le courant était donc établi et rompu 6,000 fois par seconde.

La figure 448 montre un interrupteur automatique industriel, destiné aux installations qui

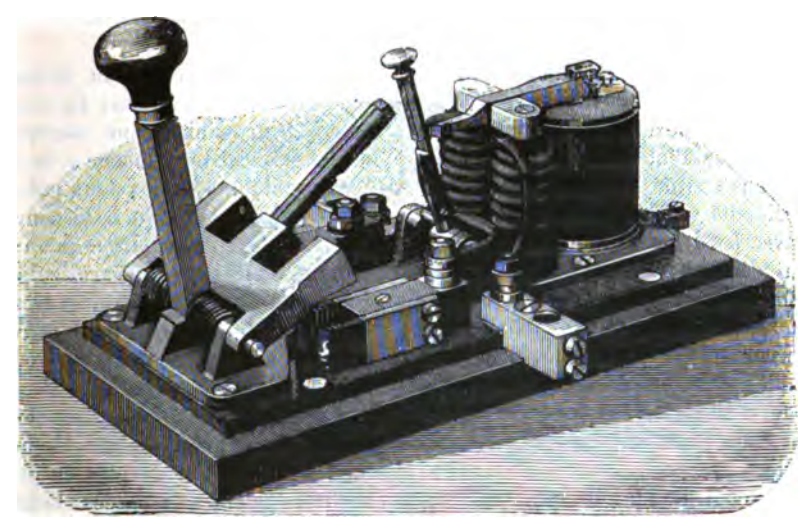


Fig. 448. — Interrupteur automatique (Société alsacienne de constructions mécaniques de Belfort).

emploient plusieurs dynamos. On relie les deux pôles de toutes les machines à deux rails communs sur lesquels sont branchés tous les circuits, de sorte que l'on n'a que le seul contrôle de la tension aux rails à faire et que la charge totale se répartit sur les différentes dynamos, dans une proportion facilement réglable, au moyen de rhéostats placés dans le circuit in-

ducteur ; l'effet des variations dans un branchement quelconque (fait sur les rails) se répartit alors proportionnellement sur toutes les dynamos et devient bien moins sensible.

L'interrupteur automatique sert alors à empêcher que, si la force électromotrice d'une machine vient à décroître, par exemple par diminution de la vitesse, les autres dynamos n'envoient leur courant dans celle dont la force électromotrice a diminué.

L'appareil se compose d'un interrupteur qu'un ressort tend constamment à ouvrir, de deux bobines à gros fil et d'une languette en acier, qui est polarisée par une bobine à fil fin et qui porte un petit crochet. La languette peut osciller entre les pôles des deux bobines à gros fil, qui sont enroulées de telle façon qu'elles s'aimantent contrairement et que l'une repousse la languette tandis que l'autre l'attire. La bobine à fil fin est placée en dérivation sur le circuit ; le courant principal de la dynamo traverse, avant d'arriver au rail, l'interrupteur et les bobines à gros fil ; lorsque le courant a une intensité normale, l'une des bobines à gros fil repousse et l'autre attire la languette, sollicitée en sens contraire par un ressort, de telle façon que son crochet retienne une tige verticale, qui elle-même maintient l'interrupteur fermé.

Mais, si le courant décroît d'une façon considérable, l'aimantation des bobines à gros fil diminue, le crochet de la languette abandonne la tige verticale ; cette tige dégage l'interrupteur, qui s'ouvre et interrompt la communication de la dynamo avec le rail.

L'appareil se règle de telle façon que le déclic se produise lorsque l'intensité du courant se réduit au 1/7 environ de sa valeur normale. Il évite les accidents qui se produisent si fréquemment avec les dynamos montées en quantité, soit au moment de l'accouplement, soit pendant le fonctionnement.

Interrupteurs médicaux. — On fait encore usage d'interrupteurs automatiques soit pour les bobines d'induction médicale, soit pour produire à l'aide d'une pile des courants interrompus, soit enfin pour certaines expériences de physiologie.

M. Chauveau et M. Boudet de Paris ont employé pour la galvanisation par courants interrompus un interrupteur à lame vibrante associé avec un condensateur (fig. 449). Le condensateur C se charge et se décharge alternativement au moyen de l'interrupteur E, que commande une petite pile spéciale *p*. P est une pile de force électromotrice conn... pôle positif est relié à l'une des arma... condensateur C ; le pôle négatif comm... avec l'autre armature par l'interméd... pointe *a* et du levier L. Ce levier, mobil... de son autre extrémité, ferme égal... circuit composé de la pile *p* et de l'... aimant E. Les deux excitateurs sont r... à la première armature directement.

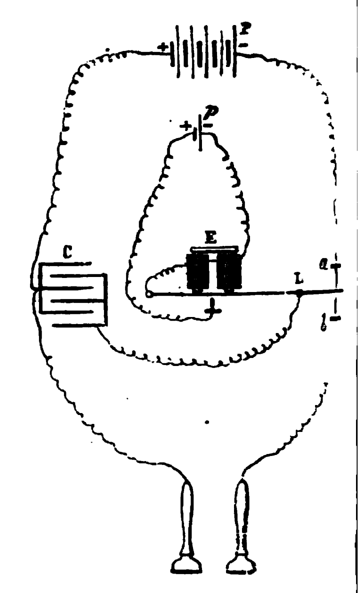
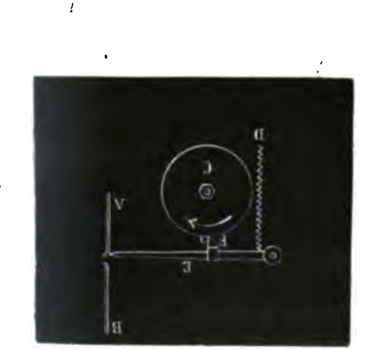


Fig. 449. — Dispositif pour la galvanisation p... interrompus.

à la seconde au moyen du levier L... pointe *b*. Les interruptions du courant... verse l'électro-aimant font osciller le... entre *a* et *b*. Quand il touche *a*, le cond... C communique avec les deux pôles de... charge ; quand il touche *b*, le condens... décharge à travers les parties qu'on veut... Cette méthode fournit d'excellents rés... se prête de plus à des mesures très pr...

M. Trouvé a construit un interrupt... lequel un mécanisme d'horlogerie fait... uniformément un cylindre E, sur leq... tracé vingt circonférences parallèles e... tantes. Chacune de ces circonférences p... nombre différent et de plus en plus g... chevilles également espacées : la premi... a qu'une, la seconde en a deux, la vi... en a vingt. Un stylet F se meut parallè... à l'axe du cylindre et peut être placé au... d'une quelconque des vingt circonfér... il porte à sa partie inférieure une came... ressort appuie sur le cylindre. Chaqu...

u'une des chevilles soulève cette came, une iterruption se produit. Un régulateur à ailettes ermet de modifier la vitesse du cylindre et de ui faire exécuter 1, 2, 3 tours par seconde. En se servant de ce réglage et en déplaçant le stylet F, on peut faire varier dans une large mesure le nombre des interruptions par seconde. La durée des interruptions est cons-



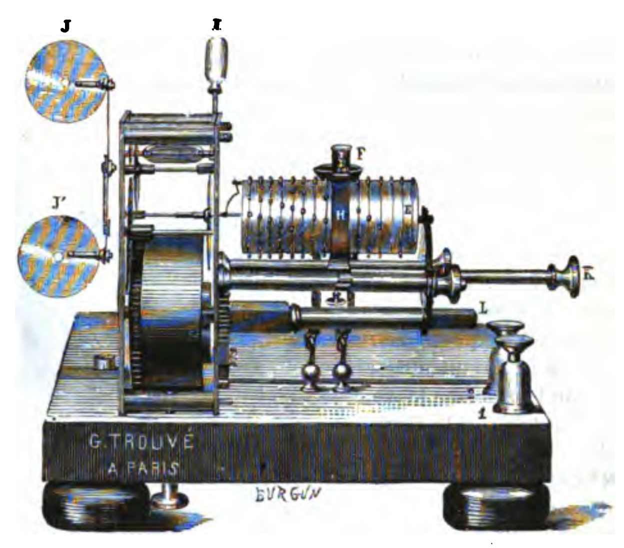


Fig. 450. — Interrupteur Trouvé.

tante, quel que soit leur nombre, mais seulement pour une même vitesse du cylindre.

Le stylet communique par sa base avec l'un des pôles de la pile; son extrémité libre se trouve entre deux pièces métalliques et touche l'une ou l'autre, suivant que la pointe repose sur le cylindre ou se trouve soulevée. En faisant communiquer l'autre pôle de la pile avec l'une ou l'autre de ces pièces, on peut faire que le courant passe lorsque le stylet s'appuie

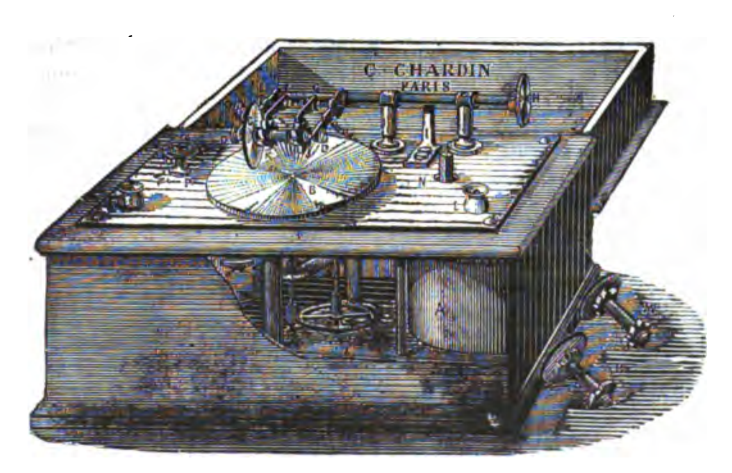


Fig. 451. — Interrupteur Chardin.

sur le cylindre, comme nous l'avons supposé d'abord, ou au contraire lorsqu'il est soulevé.

L'interrupteur de M. Chardin (fig. 451) se compose d'un plateau métallique B, qui reçoit du mécanisme A un mouvement uniforme, et d'un galet C, qui frotte sur le plateau et tourne plus ou moins vite, suivant qu'il est plus ou moins éloigné du centre. L'axe de ce galet porte une pièce métallique, en forme de V allongé, communiquant avec l'un des pôles de la pile, et sur

laquelle vient frotter un ressort qui est relié à l'autre pôle. Quand ce ressort frotte sur la base du V, qui occupe tout le diamètre de l'axe du galet, le courant est continu; mais à mesure qu'on le pousse vers la pointe, on diminue la durée du contact et l'on produit des intermittences de plus en plus longues.

Interrupteur d'aiguille. — Lorsque, dans une gare, une voie principale est reliée par une aiguille avec une voie de garage, il importe que la voie principale soit fermée tant que la communication avec la voie de garage est établie. On peut obtenir automatiquement cette protection, en couvrant la voie principale par un disque électrique, relié à un interrupteur que commande la manœuvre de l'aiguille de la voie de garage. Lorsqu'on ouvre cette voie, l'appareil ouvre le circuit et le disque se met à l'arrêt; quand on ferme la voie de garage, le courant est rétabli, et le disque ouvre la voie principale.

INTERRUPTION. — Action d'ouvrir ou de rompre un circuit.

INVERSEUR. — Appareil servant à changer le sens d'un courant. (Voy. COMMUTATEUR et RENVERSEUR.)

INVERSION. — Action de changer le sens d'un courant.

ION. — Nom par lequel on désigne les corps qui, dans une décomposition électrolytique, se rendent à l'un des pôles (d'un mot grec qui veut dire *allant*). On appelle *anions* les ions qui se rendent à l'anode (électrode positive) et *cathions* ceux qui vont à la cathode (électrode négative).

ISOCLINE (LIGNE). — Ligne passant par tous les points de la surface terrestre où l'inclinaison magnétique est la même. L'équateur magnétique est une de ces lignes.

ISODYNAMIQUE (LIGNE). — Ligne passant par tous les points où l'intensité du champ terrestre est la même. Ces lignes présentent une certaine analogie avec les isothermes.

ISOGONIQUE (LIGNE). — Ligne passant par tous les points de la terre où la déclinaison est la même.

ISOLANT. — Les corps mauvais conducteurs sont aussi nommés isolants, parce qu'ils servent à empêéher la déperdition de l'électricité statique ou dynamique. Les plus employés sont le caoutchouc, l'ébonite, la gomme-laque, la gutta-percha, la paraffine, la soie, le coton, etc.

ISOLATEUR ou ISOLOIR. — Support servant à isoler les conducteurs chargés d'électricité ou traversés par un courant.

Pour les corps électrisés, on emploie généralement l'isoloir de M. Mascart (fig. 452). C'est



Fig. 452. — Isoloir de M. Mascart.

une sorte de carafe en verre, dont le fond se prolonge à l'intérieur en une tige qui vient sortir à travers le goulot, et supporte un plateau métallique. Cette tige est maintenue constamment sèche par une couche d'acide sulfurique concentré, placée dans le flacon. Un coulant, qui glisse le long de la tige, permet de fermer presque complètement la carafe, mais sans établir de communication avec la surface extérieure du verre.

Isolateurs pour sonneries. — Pour les installations de sonneries, d'avertisseurs, et de tous les appareils analogues, on emploie souvent des isolateurs en os, petits cylindres creux fixés au mur par des clous à tête arrondie, et des crochets émaillés destinés surtout aux encoignures



Fig. 453. — Isoloirs en os et en fer émaillé.

(fig. 453). Ces précautions ne nous paraissent utiles que pour les lieux humides; dans les endroits secs, il suffit d'employer des fils bien isolés par une enveloppe de gutta et une couche de coton.

Isolateurs téléphoniques. — Pour fixer des fils

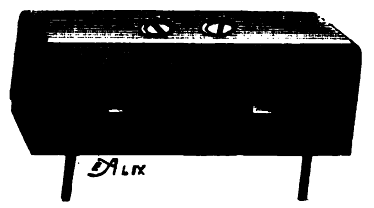
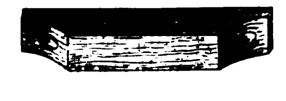



Fig. 454. — Isolateurs en bois pour fils et câbles (Grivolas).

isolés le long des murs à l'intérieur des maisons, on fait usage d'isolateurs semblables aux précédents ou de tasseaux en bois, qui les isolent mieux des murs, séparent les différents fils et












Fig. 455. — Isolateurs en porcelaine (Bréguet).

maintiennent entre eux un écartement constant (fig. 454). La même disposition sert aussi pour des câbles.

Isolateurs télégraphiques. — Les fils de fer galvanisé, qui forment les lignes aériennes des télégraphes et des téléphones, sont généralement

soutenus par des isolateurs en porcelaine vernissée; cette substance, moins isolante que certaines autres, l'ébonite, par exemple, est celle qui résiste le mieux aux influences atmosphériques; elle se mouille moins uniformément par la pluie et sa surface ne s'altère pas avec le temps; celle de l'ébonite, au contraire, devient rugueuse et retient facilement la poussière. Ces appareils ne sont jamais complètement isolants; il y a donc avantage à diminuer autant que possible le nombre des supports, pour diminuer en même temps les pertes d'électricité. Les fils de bronze silicieux sont avantageux à ce point de vue : ils permettent d'obtenir une portée de plus de 250 mètres, tandis qu'avec les fils de fer, qui sont plus lourds, on ne peut pas dépasser 80 ou 100 mètres. La diminution du nombre des poteaux produit en outre une certaine économie.

La figure 455 montre les isolateurs les plus employés. Les deux modèles de cloches simples, ainsi que la cloche double, représentée en coupe et en perspective, servent à soutenir les fils. Le premier ne peut se fixer que sur un poteau; le second, qui est scellé au plâtre sur une tige de fer galvanisé, peut aussi bien s'implanter dans un mur; la cloche double est vissée sur une tige qui se visse elle-même dans le bois; elle donne un meilleur isolement, puisqu'elle interpose entre le fil et son appui une surface de porcelaine plus considérable. Les anneaux ouvert et fermé se placent dans les angles. La poulie, d'ailleurs peu employée, se fixe le long d'un mur; elle peut supporter une assez forte traction, mais n'isole pas très bien. Enfin la double cloche est employée lorsqu'on veut faire entrer le fil dans un poste intermédiaire. On voit qu'un certain nombre de ces modèles se fixent par des vis à tête carrée qu'on enfonce au moyen d'une sorte de clef à écrous qu'on appelle *clef à vis tête carrée*.

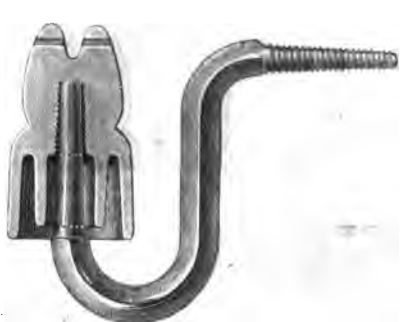




Fig. 456. — Isolateurs allemands.

Dans l'intérieur des postes, l'Administration des télégraphes emploie des cloches simples analogues au second modèle, mais plus petites.

La forme des isolateurs, leur substance et le mode d'attache des fils peuvent varier d'un pays à l'autre. On les fait parfois en verre. La figure 456 montre des isolateurs allemands. La console de l'un est formée de deux pièces distinctes; l'autre ressemble beaucoup à la double cloche de la figure précédente. Le fil est placé dans une rainure pratiquée au sommet du support et assujetti par une clavette ou maintenu par du fil à ligatures, comme le montre le troisième dessin.

Isolateurs pour la télégraphie militaire. — En France, la télégraphie militaire fait usage le plus souvent de câbles isolés; néanmoins elle se sert d'isolateurs en ébonite (fig. 457), qui ont dans tous les cas l'avantage de fixer le câble plus vite et plus solidement; ils portent une rainure courbe qui l'empêche de glisser. Ces isolateurs se placent sur trois espèces de consoles; des consoles droites, qui s'emploient pour les perches, des consoles en U pour les pièces de bois, et des consoles à angle droit pour les murs.



Fig. 457. — Isolateur en ébonite.

Essai des isolateurs. — Voy. Cable (Essai de l'isolement d'un).

ISOLATION. — Action d'isoler un corps conducteur.

ISOLÉ. — Qui est séparé par un support isolant du sol ou de tout autre conducteur.

ISOLEMENT. — État d'un corps isolé.

ISOLER. — Séparer du sol ou de tout autre conducteur par l'intermédiaire d'un isolant.

J

JACK. — On donne ce nom à des commutateurs à cheville, analogues aux *jack-knives*, mais n'ayant pas de ressort, et qui servent, dans un même bureau, à réunir les *lignes d'abonnés*, lorsqu'on veut mettre en communication deux abonnés appartenant à des tableaux différents.

Le jack diffère du jack-knife en ce qu'il n'a qu'un seul trou et pas de ressort. On réunit deux jacks à l'aide d'un conducteur souple terminé par deux chevilles qu'on enfonce dans les trous. Les jacks sont numérotés suivant la place qu'ils occupent dans le panneau, et tous ceux de mêmes numéros communiquent entre eux par des fils placés derrière les cloisons; ils permettent ainsi de réunir deux commutateurs éloignés, sans avoir recours à de trop longs cordons. (Voy. Téléphonie.)

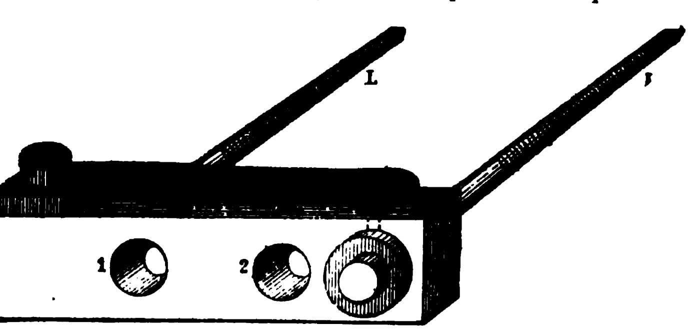


Fig. 458. — Jack-knife pour simple fil (Société des téléphones).

JACK-KNIFE. — On appelle ainsi un commutateur à ressort employé dans les bureaux centraux des téléphones pour relier les différentes lignes et faire communiquer les abonnés, notamment à Paris et en Amérique. Il doit son nom à ce que le ressort présentait à l'origine la forme d'une lame de couteau, et à ce qu'il a été imaginé par un Français du Canada, appelé Jack. Sa forme varie un peu suivant que les lignes sont formées d'un ou de deux fils.

Le jack-knife pour simple fil se compose d'une bande de cuivre percée de deux trous (fig. 458), et surmontée d'un ressort qui porte une goupille pénétrant par sa pointe dans le trou 2 et un contact fixé à l'extrémité de droite qui vient s'appuyer sur une pièce isolée, reliée par I à l'indicateur correspondant. Au repos, cet indicateur se trouve donc en communication avec la ligne L par l'intermédiaire du ressort, et peut fonctionner si l'abonné appelle. Pour établir la communication entre deux abonnés, on réunit leurs jack-knives par un conducteur souple, terminé par deux chevilles de laiton, fendues dans toute leur longueur pour faire ressort. L'une des chevilles est placée dans le trou 1 d'un des jack-knives, l'autre dans le trou 2 de l'autre. Celle-ci soulève la goupille correspondante et par suite rompt le contact qui existait à droite avec l'indicateur. Cet indicateur se trouve donc supprimé, tandis que le premier reste en dérivation, ce qui permet aux deux abonnés, la conversation terminée, de prévenir le bureau en appuyant sur le bouton d'appel, pour faire tomber cet indicateur. Le second indicateur doit être mis hors circuit, parce que l'existence de deux dérivations nuirait à la correspondance.

On sait que les lignes à deux fils sont beaucoup plus employées en téléphonie, parce qu'elles évitent les courants d'induction.

On fait alors usage de jack-knives plus compliqués, dont la figure 459 montre le plan horizontal et la disposition théorique. Ils sont formés de deux plaques de laiton 1 et 2 fixées parallèlement sur les deux faces d'une lame isolante, et munies à leur partie inférieure de ressorts analogues à celui de la figure 458, mais

fixés l'un à droite, l'autre à gauche; ces plaques sont représentées l'une au-dessous de l'autre pour faciliter la démonstration, mais en réalité la plaque 1 est devant la plaque 2. Ces deux plaques sont reliées d'une part aux fils de ligne LL d'un abonné et d'autre part à l'indicateur (Voy. ce mot) du même abonné.

Chacune des plaques est percée de deux trous : mais ceux D et E de la plaque 1 sont plus

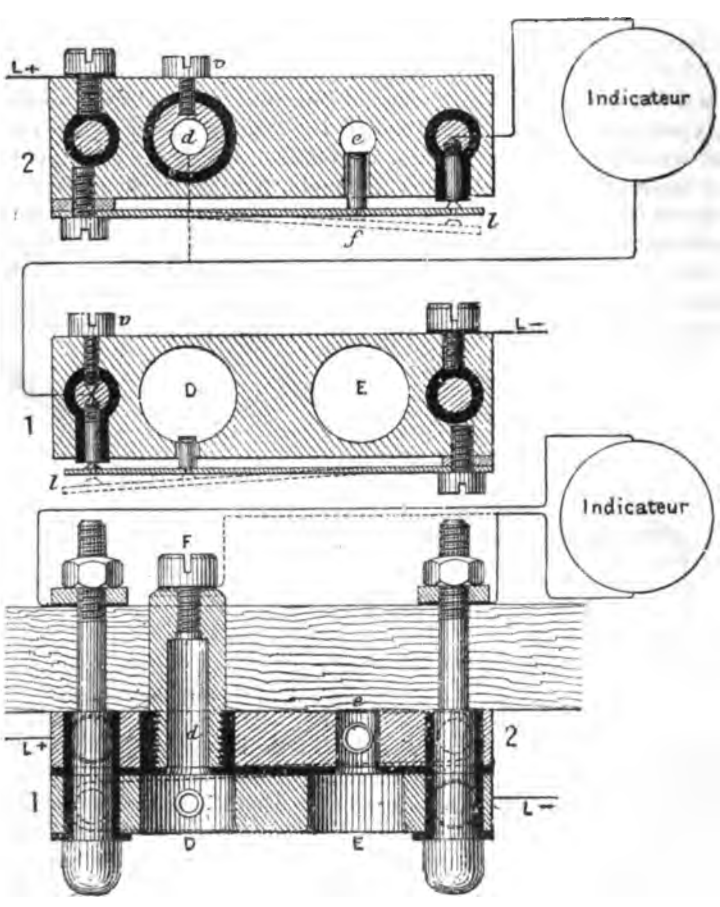


Fig 459. — Jack-knife pour double fil (Société des téléphones).

larges que ceux *de* de la plaque 2. De plus *d* est entouré d'un anneau métallique entouré lui-même d'un étui isolant, mais relié à la plaque par la vis *v*, qu'un fil relie d'une part à l'indicateur, d'autre part à une tige isolée munie d'un contact que vient toucher au repos l'extrémité *l* du ressort de la plaque 1. Dans ces conditions, si l'abonné appuie sur son bouton d'appel, il lance un courant qui arrive à la plaque 2 par L +, traverse son ressort *f l*, l'indicateur, passe par la pièce isolée au ressort

de la plaque 1, puis à cette plaque elle-m… et retourne à la pile par L —. Ce courant … tinter une sonnerie et apparaître à l'indic… le numéro de l'abonné.

Pour correspondre avec la personne qu… pelle, et pour la mettre en communica… avec la personne appelée, l'employée se ser… chevilles (fig. 460), formées de deux cyli… de laiton concentriques A et B, isolés l'… l'autre; ces deux cylind… sont fendus, pour … ressort, et le cylind… dépasse l'extrémité d… lindre extérieur B. Ce… lindres sont reliés à … fils renfermés dans u… ducteur souple, à l… bout duquel est fixé… une autre cheville … blable, soit un app… microtéléphonique d… à l'employée.

Ceci posé, lorsque l'… d'un abonné se fait … tendre, l'employée … le drapeau de l'indi… et introduit en *Ee* la … ville reliée à son app… microtéléphonique, c… isole l'indicateur et m… appareil à sa place da… circuit. Elle envoie a… un courant qui fait … la sonnerie de l'abo… celui-ci, prévenu, décr… son téléphone, qui se tr… intercalé automatiquem… dans le circuit, et ind… la personne avec laque… désire communiquer.

L'employée enlève a… la cheville de son app… et prend un cordon so… terminé par deux chev… qu'elle introduit l'une dans l'ouverture D*d* … jack-knife de la personne qui appelle, l'au… dans le trou *Ee* du commutateur de la person… appelée. Dans le premier appareil, la che… a poussé la goupille isolante qui pénètre … et rompu le contact établi à gauche avec la t… isolée; dans le second commutateur, la che… a rompu, à droite de la plaque 2, le contact a… l'indicateur, qui se trouve ainsi hors du circ…

Le courant arrive par L+ au premier jack-knife et se divise en deux dérivations do…

une va à l'indicateur par le ressort *fl* et revient ensuite en *d*, le contact *l* de la plaque 1 tant interrompu ; en *d* ce courant rejoint l'aure dérivation qui a traversé directement la is *v*. Le courant total passe alors dans un des ils du conducteur souple et se rend en *e* au ack-knife de la personne appelée. Le contact lu ressort *fl* étant écarté, il passe par la plaque 2 et la ligne dans l'appareil téléphonique, l'où il revient à la plaque 1 par la ligne L —, passe par E dans l'autre fil du câble souple, qui le ramène en D à la plaque 1 du premier jack-knife, d'où il retourne à l'appareil téléphonique de la personne appelant.

Le disque isolé et relié à la vis *v* qui entoure *d* sert à déterminer le rapport des deux courants dérivés qui traversent l'un cette vis, l'autre l'indicateur.

Nous avons supposé les jack-knives des deux abonnés placés dans un même tableau. S'ils sont dans des tableaux différents (Voy. Téléphonie), on les joint respectivement à des commutateurs auxiliaires, qu'on appelle des *jacks*. Enfin, si les lignes d'abonnés n'appartiennent pas au même bureau, on les réunit à l'aide de lignes auxiliaires, qui joignent les différents bureaux.

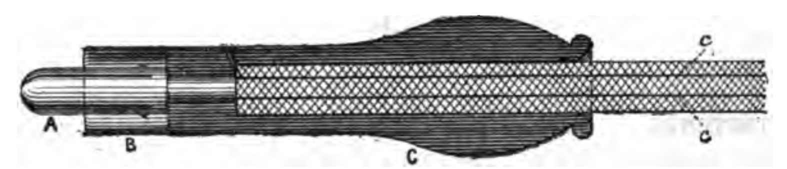


Fig. 460. — Cheville pour jack-knife.

JARRE ÉLECTRIQUE. — Bouteille de Leyde de grandes dimensions ; la réunion de plusieurs jarres forme une batterie (Voy. Batterie, Bouteille et Condensateur).

JAUGE ÉLECTROMÉTRIQUE. — Organe de l'électromètre absolu de Thomson (Voy. ce mot). La jauge est elle-même un petit électromètre absolu qui communique avec le plateau supérieur de l'appareil et permet de vérifier la constance de sa charge. La jauge s'applique également à l'électromètre à quadrants.

JAUGE DES FILS CONDUCTEURS. — On donne ce nom dans le commerce à une série de numéros servant à désigner la grosseur des fils. On se sert en France de la *jauge carcasse* pour les fils fins et de la *jauge décimale* pour les plus gros ; la *jauge de Limoges* est employée exclusivement pour les fils de fer. La jauge usitée officiellement en Angleterre a reçu le nom de *Standard Wire Gauge*.

Jauge Carcasse ou du commerce.
(Diamètres approximatifs en centièmes de millimètre.)

NUMÉRO.	DIAMÈTRE.	NUMÉRO.	DIAMÈTRE.	NUMÉRO.	DIAMÈTRE.
P	50	24	29	38	11
12	47	26	26	40	10
14	44	28	22	42	9
16	40	30	20	44	8
18	37	32	17	46	7
20	34	34	14	48	6
22	32	36	12	50	5

Standard wire gauge (S. W. G.)

NUMÉROS.	DIAMÈTRES en mils ou millièmes de pouce.	DIAMÈTRE en millimètres.	NUMÉROS.	DIAMÈTRES en mils ou millièmes de pouce.	DIAMÈTRE en millimètres.
0000000	500	12,5	14	80	2,0
000000	464	11,6	15	72	1,8
00000	432	10,8	16	64	1,6
0000	400	10,0	17	56	1,4
000	372	9,3	18	48	1,2
00	348	8,7	19	40	1,0
0	324	8,1	20	36	0,9
1	300	7,5	21	32	0,8
2	276	6,9	22	28	0,7
3	252	6,3	23	24	0,6
4	232	5,8	24	22	0,55
5	212	5,3	25	20	0,50
6	192	4,8	26	18	0,45
7	176	4,4	27	16,4	0,41
8	160	4,0	28	14,8	0,37
9	144	3,6	29	13,6	0,34
10	128	3,2	30	12,4	0,31
11	116	2,9	31	11,6	0,29
12	104	2,6	32	10,8	0,27
13	92	2,3	33	10,0	0,25

Il y aurait évidemment avantage à abandonner toutes ces jauges et à désigner tous les fils par la valeur de leur diamètre.

JOCKEY. — Partie vibrante d'un appareil d'appel téléphonique appelé *vibrateur*.

JOINT. — Réunion de deux conducteurs.

JOULE. — Nom proposé par W. Siemens, et adopté définitivement par le Congrès des Électriciens de 1889, pour représenter l'unité pratique de puissance mécanique, c'est-à-dire la puissance d'une machine capable de fournir un

travail égal à 1 watt (unité pratique de travail) par seconde. C'est le travail que peut donner en une seconde un courant d'un ampère avec une différence de potentiel de 1 volt, d'où le nom de *volt-ampère*, qu'on donne quelquefois au joule. Cette unité est encore désignée sous le nom de *watt-seconde*; le watt valant 10^7 ergs, le joule vaut 10^7 ergs-seconde (unité absolue de puissance). Le cheval-vapeur vaut $75 \times 981 \times 10^5 = 736 \times 10^7$ ergs-seconde ou 736 joules.

Joule (Lois de). — Voy. Échauffement des conducteurs.

JUTE. — Chanvre des Indes, employé parfois comme isolant dans la fabrication des câbles.

K

KATÉLECTROTONUS. — État de la partie d'un nerf qui devient le plus irritable sous l'action d'un courant constant. (Voy. Électrotonus.)

KÉRITE. — Mélange du produit de l'oxydation des huiles avec du caoutchouc vulcanisé et un certain nombre d'autres matières, cire, ozokérite, silice, etc. La kérite isole beaucoup moins bien que la gutta-percha, mais elle a l'avantage de pouvoir être employée à température élevée.

KERR (Phénomène de). — Voy. Phénomène de Kerr.

KIESSELGHUR. — Poudre siliceuse formée en grande partie de carapaces de diatomées et employée pour immobiliser les liquides dans certaines piles humides.

KINNERSLEY (Thermomètre de). — Voy. Thermomètre.

KIRCHHOFF (Lois de). — Voy. Courants dérivés.

KROTOPHONE. — Appareil téléphonique imaginé par M. Spaulding, de New-York. Il est formé d'un crayon de charbon dont la pointe s'appuie sur une plaque de même substance; une vis permet de régler la pression au point de contact. L'appareil est réversible. Il suffit donc d'en installer deux modèles dans un circuit comprenant une pile : lorsqu'on parle devant l'un, il se produit dans l'autre une série de petits crépitements (d'où le nom de l'appareil) qui reproduisent les sons.

L

LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ. — Laboratoire créé à Paris à la suite de l'Exposition d'électricité, pour employer une somme de 325 000 francs, représentant les produits nets de l'Exposition, et installé provisoirement à Grenelle, place Saint-Charles. Une fois installé, ce laboratoire devra pouvoir fournir tous les renseignements désirables, étalonner, essayer et vérifier tous les appareils. Il contiendra également salles de travail, bibliothèque, salles de conférences, etc.

LABOURAGE ÉLECTRIQUE. — Des expériences publiques faites en 1879 à Sermaize (Marne) à la ferme-sucrerie de M. Félix ont montré qu'on pouvait utiliser les machines Gramme pour remplacer les locomotives routières dans le labourage mécanique.

La charrue était une charrue double à renversement, ayant trois socs de chaque côté, comme celles qu'on emploie dans le labourage à vapeur. Une machine à vapeur et deux machines Gramme étaient placées dans la ferme. Des chariots à quatre roues, placés aux deux bouts du sillon, portaient chacun deux machines Gramme réceptrices, faisant tourner un treuil, sur lequel s'enroulait le câble d'acier entraînant la charrue. Quand le sillon est achevé dans un sens, on lance, à l'aide d'un commutateur, le courant dans les machines du second chariot : le câble s'enroule dans l'autre sens, entraînant la charrue en sens inverse.

Des essais analogues ont été faits récemment chez MM. Dumont, à Chassart, près Fleurus (Hainaut).

LAINE MINÉRALE. — Scorie légère et isolante employée en Allemagne pour isoler les conducteurs souterrains.

LAITONISAGE. — Action de recouvrir d'un dépôt galvanique de laiton. Ce dépôt est plus souvent employé que celui de cuivre rouge pour les menus objets en fer ou en zinc. Cette opération se fait comme le cuivrage, mais la composition des bains est différente.

Bain de laitonisage à froid pour tous métaux.

Carbonate de cuivre (récemment préparé	100 gr.
Carbonate de zinc (récemment préparé).	100 —
Carbonate de soude....................	200 —
Bisulfite de soude......................	200 —
Cyanure de potassium pur............	200 —
Acide arsénieux.......................	2 —
Eau ordinaire..........................	10 litres.

Bien qu'on se serve d'anodes en laiton, la composition du bain ne reste pas constante ; il faut l'additionner de temps en temps de sel de cuivre, de sel de zinc et d'acide arsénieux dissous dans le cyanure de potassium. Il a du reste une marche d'autant plus régulière qu'il est plus vieux et qu'il a été plus souvent remonté en sels.

LAMPE ÉLECTRIQUE. — Appareil servant à produire de la lumière électrique. On peut diviser ces lampes en *lampes à arc voltaïque* et *lampes à incandescence*. Les *bougies électriques* (Voy. ce mot) sont des lampes donnant un petit arc et dépourvues de tout mécanisme.

Lampes à arc ou Régulateurs. — Ce sont les plus anciennes. Nous avons indiqué plus haut comment se produit l'arc électrique (Voy. ce mot). Abandonné à lui-même, l'arc ne tarderait pas à s'éteindre, la combustion des charbons augmentant rapidement sa longueur et par suite sa résistance. Les régulateurs ont pour but de rapprocher automatiquement ces charbons et de les maintenir à une distance convenable, suivant l'intensité du courant, ce qui permet d'assurer l'éclairage pendant un temps notable ; certains modèles remédient aussi à l'usure inégale des charbons et maintiennent le point lumineux à une hauteur fixe.

Un bon régulateur doit satisfaire aux conditions suivantes : les charbons restent au contact quand le circuit est ouvert, s'écartent à la distance voulue dès que le courant passe, se rapprochent ou s'éloignent suivant les variations d'intensité, et reviennent au contact pour rétablir le courant s'il se trouve par hasard interrompu.

Il existe actuellement une telle quantité de régulateurs qu'il nous est impossible d'essayer de les décrire tous. Il est même difficile d'établir une classification de tous ces modèles. Cependant on les divise ordinairement en régulateurs *monophotes* et *polyphotes*. Les premiers sont ceux dont le système d'éclairage est tel qu'on ne peut placer qu'un seul appareil en tension sur un circuit électrique. Les régulateurs polyphotes permettent au contraire de placer plusieurs foyers en tension sur un même circuit. On appelle lampes différentielles celles dont les charbons sont commandés par deux électro-aimants, l'un à gros fil, placé dans le circuit principal, l'autre à fil fin, monté en dérivation. Le premier maintient les charbons écartés. Lorsque la résistance de l'arc augmente, l'intensité croît dans la dérivation, et l'électro-aimant à fil fin produit le rapprochement des charbons. Nous décrirons un certain nombre de modèles choisis parmi les plus employés, les plus intéressants ou les plus nouveaux.

Régulateur Foucault et Duboscq. — Foucault inventa en 1849 le premier régulateur, qui fut depuis perfectionné par Duboscq. Les deux charbons sont fixés à deux crémaillères qui engrènent en sens inverses avec deux roues dentées montées sur le même axe, mais dont l'une a un nombre de dents double de celui de l'autre. Lorsque les roues tournent dans un sens ou dans l'autre, les deux crémaillères se meuvent en sens contraires et les deux charbons s'éloignent ou se rapprochent à la fois. De plus le charbon positif, qui s'use le plus vite, est monté sur la crémaillère qui engrène avec la plus grande roue, de sorte qu'il se déplace deux fois plus vite que l'autre. Grâce à cette disposition, le point lumineux reste fixe.



Fig. 461. — Régulateur Foucault-Duboscq.

Le système des deux roues est commandé par deux mouvements d'horlogerie, placés dans une boîte cubique (fig. 461), qui tendent à les faire tourner dans les deux sens. A la partie inférieure se trouve un électro-aimant embroché dans le circuit et dont l'ar-

mature est fixée à une tige qui, lorsqu'elle est verticale, arrête à la fois les deux mouvements : c'est ce qui a lieu lorsque les charbons sont à la distance voulue. Si, pour une raison quelconque, l'intensité vient à diminuer, l'armature s'écarte de l'électro, et la tige verticale, s'inclinant vers la gauche, désembraye le moulinet de l'un des mouvements, qui fait rapprocher les charbons. En s'inclinant vers la droite, cette même tige laisse libre l'autre mouvement, et les charbons s'écartent. Foucault est parvenu à réaliser l'indépendance de ces deux moteurs et à les faire agir en sens inverse sur les deux roues dentées par l'emploi d'une roue à satellites.

Cette lampe permet en outre d'élever ou d'abaisser le point lumineux pendant la marche, en faisant tourner à la main une des roues dentées du barillet principal. Cette propriété est du reste inutile pour l'éclairage industriel.

Le régulateur Foucault peut en outre fonctionner dans toutes les positions. Il est encore employé fréquemment dans les théâtres et dans les laboratoires. Mais, comme il est assez délicat et un peu susceptible de dérangement, il est à peu près abandonné pour les autres usages.

Régulateur Serrin. — Cet appareil est le premier qui ait fonctionné avec une parfaite régularité ; il a été adopté dans les premiers phares électriques.

Le charbon supérieur B (fig. 462) est positif. Il est soutenu par deux traverses horizontales : la traverse supérieure permet de le déplacer dans le plan de la figure, et l'autre de le mouvoir dans un plan vertical perpendiculaire au premier; ces deux mouvements permettent de le placer exactement sur le prolongement du charbon négatif D.

La tige massive du charbon positif passe dans une colonne creuse A et se termine par une crémaillère qui engrène avec une roue dentée; cette tige tend à descendre par son poids et à mettre en mouvement, par l'intermédiaire de cette roue, le mécanisme figuré. Lorsque ce mouvement se produit, le charbon négatif subit, de bas en haut, un déplacement moitié moindre, par l'action d'une poulie, fixée sur l'axe de la première roue dentée, et ayant un diamètre moitié plus petit. Cette poulie porte une chaîne de Vaucanson, qui passe sur une poulie de renvoi, visible à droite du dessin, et va s'attacher à la pièce F, qui dépend du porte-charbon négatif. Cette disposition a pour but de maintenir le point lumineux à une hauteur fixe, indiquée par la petite gorge circulaire qu'on voit sur la colonne creuse A.



Fig. 462. — Régulateur Serrin.

Lorsque le courant ne passe pas, la tige massive A descend par son poids, et entraîne le mécanisme, qui fait remonter le charbon négatif jusqu'à ce que les deux pointes se touchent. Les deux charbons continuent alors à descendre ensemble pendant un instant, car le porte-charbon négatif est fixé à l'un des côtés K d'un parallélogramme articulé dont trois côtés I,K,L sont mobiles ; le quatrième côté, qui est vertical et placé près de la tige A, est seul fixe. Ce mouvement est bientôt arrêté par une équerre fixée au porte-charbon négatif, et dont la pointe vient s'engager dans un petit volant étoilé qu'on voit au bas du mécanisme. Le rouage se trouve ainsi immobilisé et les charbons conservent une position fixe.

Lorsqu'on veut allumer la lampe, le courant arrive par le charbon B et passe ensuite du charbon négatif à l'électro-aimant G ; celui-ci attire alors l'armature en fer doux H, fixée à l'un des angles inférieurs du parallélogramme articulé. Par suite, le côté K s'abaisse, entraînant le porte-charbon D, et l'arc jaillit. Deux ressorts à boudin tendent à faire remonter l'armature et à rapprocher les charbons lorsque l'intensité diminue; au contraire, lorsque l'intensité est trop grande, l'attraction de l'électro-aimant tend à les écarter. Ces deux actions antagonistes maintiennent un écart convenable des charbons pendant le fonctionnement. Quant au charbon positif, il descend seulement lorsqu'il devient trop court, et que le charbon négatif monte d'une quantité suffisante pour que le volant étoilé se trouve dégagé.

Un bouton, que l'on voit à gauche du mécanisme, en dehors de la boîte, commande un levier coudé qui permet, au moyen d'un ressort, de régler, au moment de l'allumage, la position du parallélogramme et la distance de l'armature H à l'électro-aimant, pour avoir le maximum d'éclat de l'arc.

La lampe Serrin n'a que de petites imperfections : lorsque les charbons contiennent des impuretés, il en résulte des variations de résistance qui font osciller l'armature H et donnent à la lumière une instabilité désagréable. De plus, les organes sont un peu délicats, et l'appareil, mû par la chute de la tige A, ne peut fonctionner que dans une position à peu près verticale.

Ajoutons que M. Berjot a modifié cet instrument en utilisant des effets différentiels pour produire le rapprochement des charbons, ce qui permet de le faire fonctionner dans toutes les positions.

La lampe Serrin est employée par les ministères de la guerre et de la marine.

Régulateur Gramme. — M. Gramme a imaginé en 1861 un régulateur dont les organes sont d'une simplicité et d'une rusticité remarquables. La figure 463 représente une coupe schématique de la disposition actuelle.

C'est un régulateur à action différentielle. Un électro-aimant AA, à fil gros et court, sert à éloigner les charbons; l'électro-aimant B, à fil long et fin, sert à les rapprocher. Le premier est embroché dans le circuit principal, le second est en dérivation. L'armature C du premier supporte un cadre EGE, qui porte le charbon inférieur. Deux ressorts antagonistes RR, fixés d'une part à la culasse de l'électro-aimant, d'autre part aux tiges EE en XY, soulèvent le cadre et l'armature et maintiennent les charbons en contact lorsque le courant ne passe pas.

Lorsque le courant traverse l'appareil, l'électro AA attire l'armature C, les charbons s'écartent et l'arc jaillit. Quand l'écart devient trop grand, l'intensité diminue dans le circuit principal; mais la résistance de l'arc augmentant, l'électro-aimant B à fil fin, qui ne recevait d'abord qu'une dérivation insignifiante, reçoit une fraction du courant de plus en plus grande et devient capable d'attirer l'armature I, qui est supportée par le levier L, mobile autour de l'axe V. Ce levier bascule et son extrémité S abandonne un petit volant étoilé, qu'elle maintenait immobile. Ce volant dépend d'un rouage, dont la première roue engrène, comme dans la lampe Serrin, avec la tige D du charbon supérieur, taillée en crémaillère. Le volant étant libre, cette tige descend par son poids, en faisant défiler le rouage.

Mais, pour assurer la stabilité de l'arc, il ne faut pas que le charbon supérieur descende trop vite. Pour cela, l'électro-aimant B communique avec un ressort N, sur lequel appuie une vis M, portée par le levier L. C'est par ces pièces que l'électro reçoit le courant, qui sort ensuite par le point P. Or, dès que cet électro attire l'armature I, la vis M se soulève, tandis que le ressort N est arrêté bientôt par la butté qu'on voit à droite au-dessus de lui. La dérivation est alors ouverte, le levier L retombe et arrête de nouveau le volant étoilé; le charbon supérieur cesse de descendre.

Si l'écart est encore trop grand, les mêmes faits se reproduisent ; mais l'équilibre n'est jamais rompu pendant plus d'une seconde, et le foyer est d'une régularité parfaite.

Les régulateurs Gramme sont polyphotes.

Il en existe trois numéros, donnant un éclairage de 25 à 500 carcels.

Pour éviter le bruit de l'encliquetage,

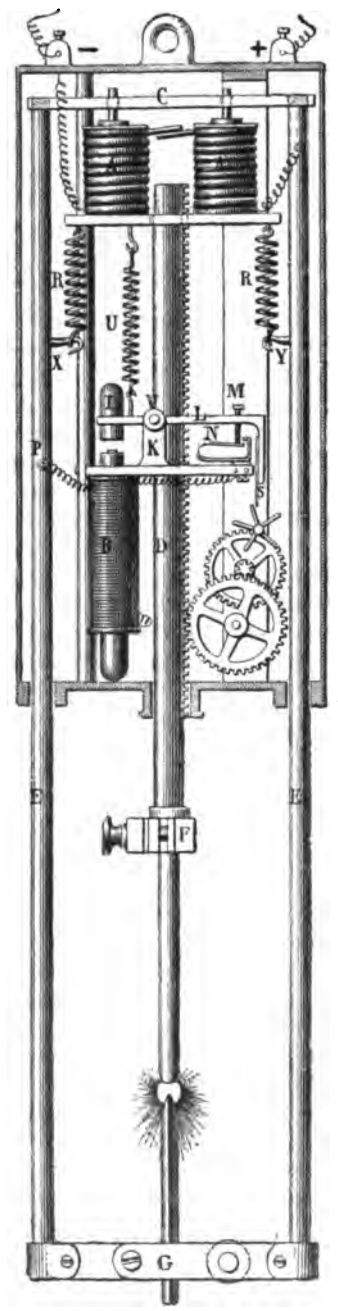


Fig. 463. — Régulateur Gramme.

M. Gramme a remplacé, pour l'éclairage intérieur, le volant étoilé et la lame d'embrayage S par un petit frein agissant sur une roue lisse.

Lampe Cance. — Cette lampe utilise encore la pesanteur pour rapprocher ou écart... bons. Le mécanisme est remarquabl... ple. L'organe essentiel est une vi... peut tourner autour de son axe, mais ... cer, et porte deux écrous (fig. 464). L... écrous B est placé vers la partie ... son mouvement est limité vers le ... petit plateau fixé sur la vis. L'autr... porte le charbon supérieur ou posit... termédiaire de deux tiges *cc'* qui tra... platine MM'. Le charbon inférieur e... les tiges FF' reliées aux précédent... double palan *fn*, *f'n'*. Les fils, fixés ... passent sur les poulies *n* et *n'*, p... et *f'*, et reviennent s'attacher au ... et *n'*. Les poulies *n* et *n'* ayant un ... double de celui des poulies *ff'*, on ... ment que tout déplacement de l'écr... charbon supérieur produira un dépla... sens contraire et moitié plus petit d... négatif. Le point lumineux restera ...

Le déplacement de l'écrou C et d... est obtenu par l'action des solénoïde... brochés sur le circuit général, qui ... des noyaux de fer doux formés de d... distinctes. La partie supérieure *e* est ... fer doux creux et fixe. La partie inf... est un cylindre de fer doux mobile, q... sort R tire vers le bas, et qui est surm... cylindre de laiton *h*.

Quand le courant ne passe pas, l'... entraîné par son poids, descend, ... tourner, guidé par les tiges *cc'*. Les ... arrivent au contact et restent dans ... tion ; ce mouvement fait tourner la ... droite à gauche.

Dès que le courant passe, les cylindr... doux *g* se soulèvent, attirés par les ... et par les pièces fixes *ee'*; les cylindr... lèvent le plateau HH', qui vient ... frotter sur la base de l'écrou B et l... dans son ascension; ce mouvement i... la vis une rotation de gauche à dr... pour effet de faire remonter l'écrou ... conséquent de faire écarter l'un de l... deux charbons; l'arc jaillit immédia... mais ce mouvement s'arrête bientôt, p... le plateau HH' vient frotter contre le p... teau fixe, qui limite son ascension. Si ... sité devient trop faible, les cylindres ... cendent, sous l'action des ressorts RR' ... AA' redevient libre, l'écrou C redesc... son poids, et les charbons se rapproche...

Le réglage se fait en réalité par une ... ble variation de l'adhérence du plate...

:crou B, et les charbons vont en se rapnt d'un mouvement extrêmement lent, peu près continu, ce qui donne à la e une fixité remarquable.

diminuer les frottements, les écrous ne

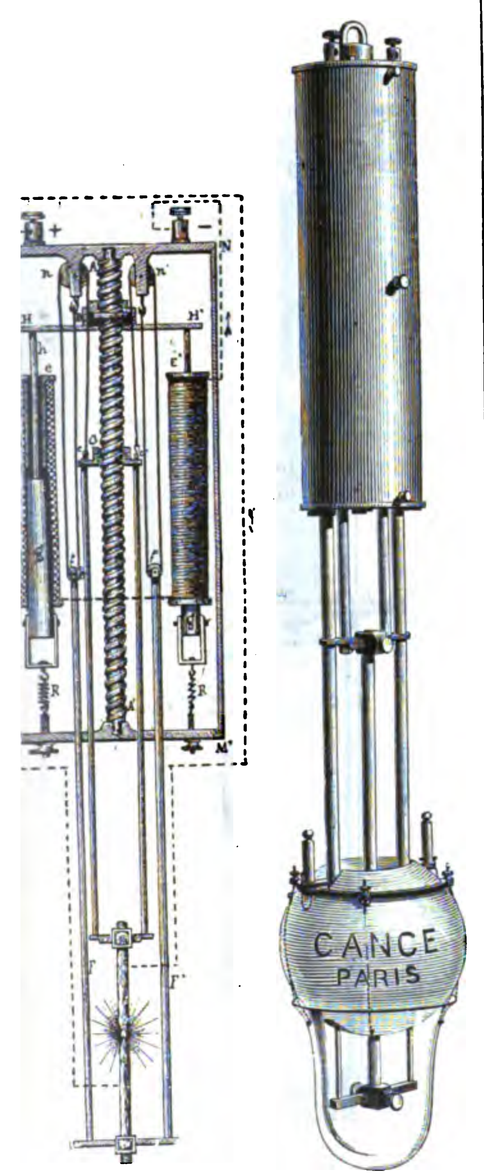


Fig. 464. — Lampe Cance.

it pas taraudés à l'intérieur; ils portent seuient trois goujons légèrement coniques, qui nètrent dans les filets de la vis.

La lampe Cance se monte généralement en rivation, ce qui rend les foyers indépendants permet d'intercaler dans le réseau des lampes à incandescence. Elle est très répandue à Paris, notamment dans les magasins du Bon Marché, à l'Administration des postes et télégraphes, au Conservatoire des arts et métiers, à la gare de l'Est, à l'Eldorado, etc.

Ces lampes donnent, avec le globe diffusant, une intensité de 40 à 45 carcels; la durée des charbons est de 8 à 9 heures.

Régulateur de Ferranti. — Cette lampe ne comprend ni engrenage ni mouvement d'horlogerie. Un axe horizontal *a* porte une poulie à gorge *b*;

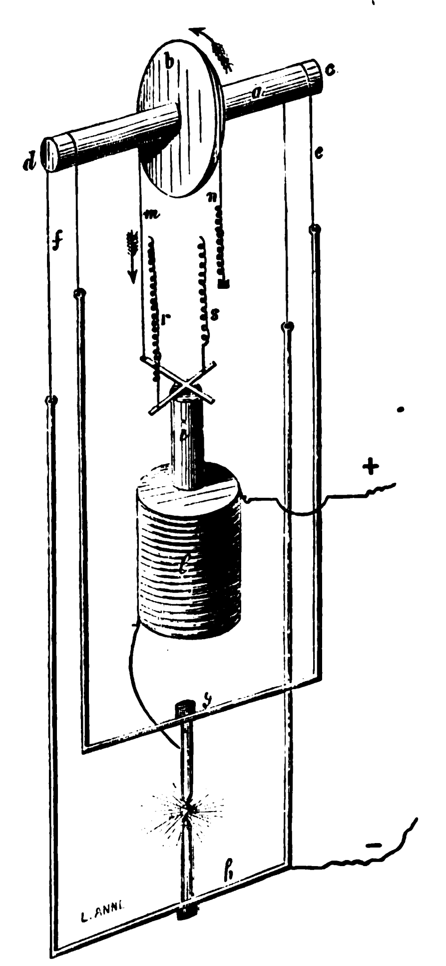


Fig. 465. — Lampe Ferranti.

sur les extrémités *cd* de l'axe passent deux cordes *ef*, soutenant les deux porte-charbons *gh*, de telle façon que l'un s'élève quand l'autre s'abaisse; comme on le voit dans la figure, cette disposition assure le fonctionnement à point lumineux fixe (fig. 465).

Le réglage et l'allumage sont produits par une armature *i* qui est attirée par un solénoïde *l*.

Cette armature est suspendue par deux ressorts *rs* et réagit sur la corde *m* passant sur la poulie *b* et fixée à un ressort *n*. Si l'armature entre à l'intérieur du solénoïde, la corde *m* agit sur la poulie à gorge et produit une rotation de l'axe dans le sens de la flèche : les deux porte-charbons s'écartent; si l'armature remonte, elle diminue la pression de la corde sur la poulie *b* et les charbons se rapprochent.

On voit que l'allumage et le réglage sont produits par la même action, tout en se réglant d'une façon indépendante, ce qui permet d'employer la lampe sans modification sous toute force électromotrice. L'appareil peut servir avec les courants alternatifs comme avec les courants continus.

Avec les courants alternatifs, le type de 8 ampères absorbe 336 watts et donne 600 bougies, soit environ 2 bougies par watt, ce qui constitue un rendement très élevé.

Régulateur A. Gérard. — La partie originale de cette lampe est le frein, qui est formé de deux pièces croisées en X, portant deux goupilles qui serrent le porte-charbon supérieur, et reliées par deux petites bielles à une entretoise que supportent les noyaux des deux solénoïdes (fig. 466) placés en dérivation. Ces noyaux sont attachés à des ressorts à boudin. Le charbon inférieur est fixe.

Lorsqu'on lance le courant, si les charbons ne sont pas en contact, il traverse les solénoïdes, qui attirent leurs noyaux; ceux-ci en descendant appuient sur l'entretoise, et ouvrent l'X. Le porte-charbon supérieur, rendu libre, descend jusqu'au contact. Le courant traversant alors les charbons, la dérivation s'affaiblit; les ressorts font remonter les noyaux, qui entraînent le frein, et par suite le porte-charbon supérieur; les charbons se séparent, et l'arc s'établit.

Lorsque l'écart des charbons devient trop grand, la résistance de l'arc augmente, et par suite l'intensité croît dans la dérivation : le frein s'ouvre de nouveau et laisse retomber le porte-charbon supérieur, jusqu'à ce que, l'intensité ayant repris sa valeur normale, les ressorts fassent refermer l'X.

Le porte-charbon supérieur forme la tige d'un piston qui se meut dans le tube central : l'air se raréfiant peu à peu au-dessus de lui, la descente se fait très lentement. Le mouvement du charbon est à peu près continu, et par suite la lumière est très fixe.

M. Gérard a établi sur le même principe un régulateur différentiel, en plaçant des solénoïdes à gros fil sur le prolongement ... noïdes en dérivation.

Régulateur de Mersanne. — Les ... Mersanne fonctionnent depuis long... la place du Carrousel à Paris. Les ...

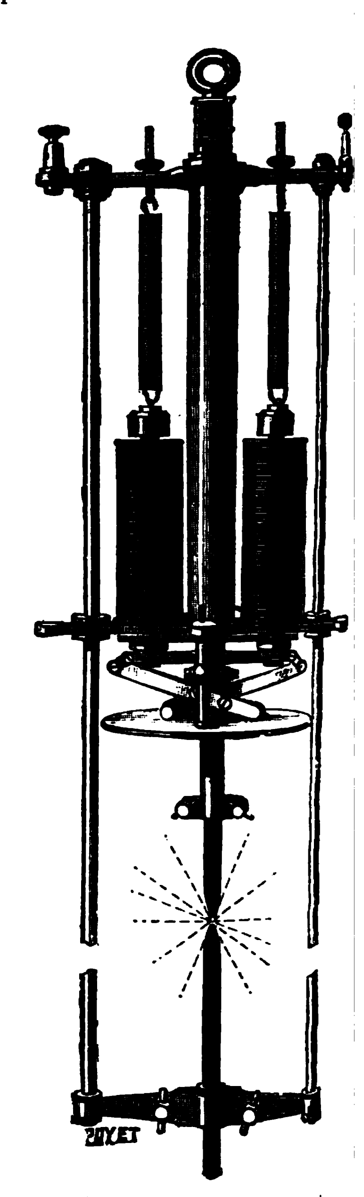


Fig. 466. — Régulateur A. Gérard

sont horizontaux et peuvent recevoir ... grande longueur sans augmenter la rés... car les pièces qui leur amènent le cour... saisissent près du point où se forme l'a... mouvement des charbons est commandé p... mécanisme d'horlogerie, que l'on remont...

rs. Deux électro-aimants produisent l'un prochement des charbons, l'autre le re-

ılateur Bardon. — Dans cette lampe, le ement des charbons est produit par un -aimant embroché sur le circuit prin-

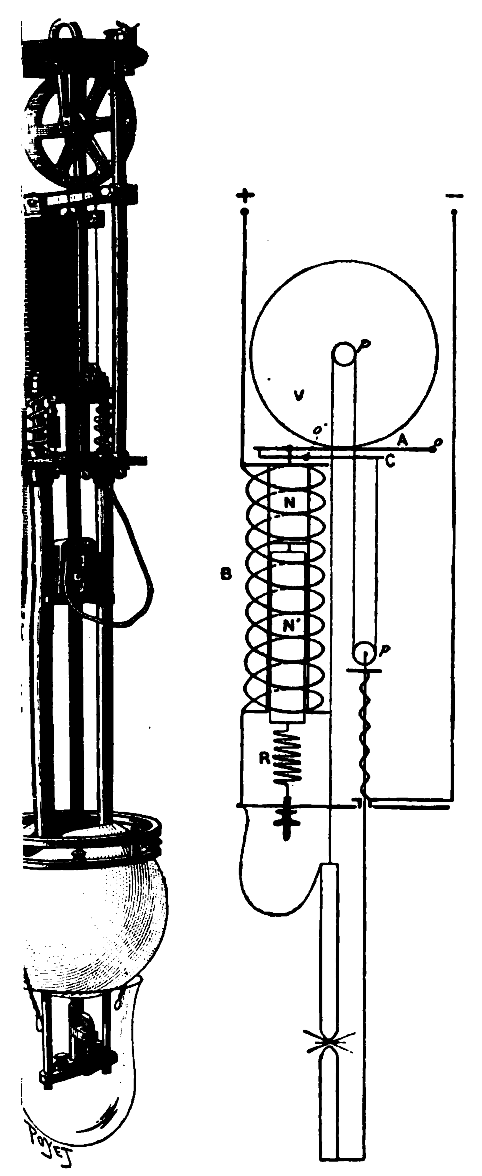


Fig. 467. — Régulateur Bardon.

l, qui renferme un noyau fixe et creux, et autre noyau mobile, pouvant glisser dans érieur du premier; un ressort antagoniste R re ce noyau vers le bas (fig. 467).

la partie supérieure se trouvent un volant V ıne poulie *p*, calés sur le même axe. Au-dessous du volant sont disposés horizontalement deux leviers, l'un A servant de frein, l'autre C destiné à l'allumage. Le porte-charbon supérieur ou positif est fixé à un cordeau de soie qui passe sur la poulie *p*, puis sous une autre *p'*, dont la chape fait partie d'un cadre qui supporte le charbon négatif, et vient s'attacher au levier d'allumage. Au repos, le poids du porte-charbon

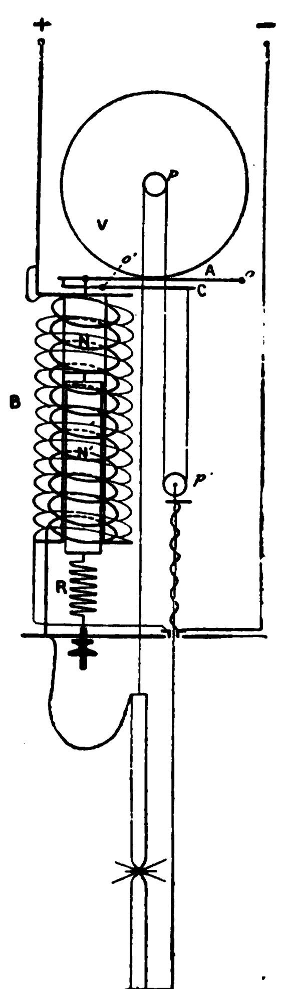


Fig. 468. — Lampe différentielle Bardon.

supérieur entraîne le système jusqu'à ce que les deux pointes soient en contact.

Dès que le courant passe, le noyau mobile, attiré violemment, s'élève dans le solénoïde; son extrémité supérieure rencontre le frein, et l'appuie contre le volant, qui se trouve immobilisé, ainsi que le porte-charbon supérieur. Mais en même temps, par le même mouvement vertical du noyau mobile, l'extrémité du levier d'allumage s'abaisse d'une petite quantité, en-

traînant le cadre qui porte le charbon inférieur : l'arc s'établit. Lorsque la résistance devient trop grande, le noyau de fer doux att[illegible] fortement, redescend un peu, le frei[illegible]



Fig. 469. — Régulateur Pilsen.

du volant et le poids du porte-charbon supérieur fait rapprocher les charbons. Ce rapprochement se fait d'une façon continue et s[illegible] qu'on ne voit pas tourner le volant.

.ette lampe ne peut être montée qu'en dérivion. M. Bardon construit un modèle diffétiel (fig. 468), qui peut se placer en tension, en oulant un fil fin par-dessus le gros fil et en s contraire. Il conseille un montage mixte, · séries de deux lampes, sur un circuit de 100 10 volts. Deux foyers ainsi disposés, et donnt chacun 80 carcels, dépensent 735 watts.

Régulateur Pilsen. — Dans cet instrument le point lumineux est fixe. Aux deux extrémités d'un fil passant sur une poulie sont suspendus deux tubes creux de laiton qui passent librement dans des solénoïdes et contiennent chacun une armature de fer doux taillée en cône à la partie supérieure (fig. 469); ces tubes soutiennent les deux porte-charbons. La forme conique

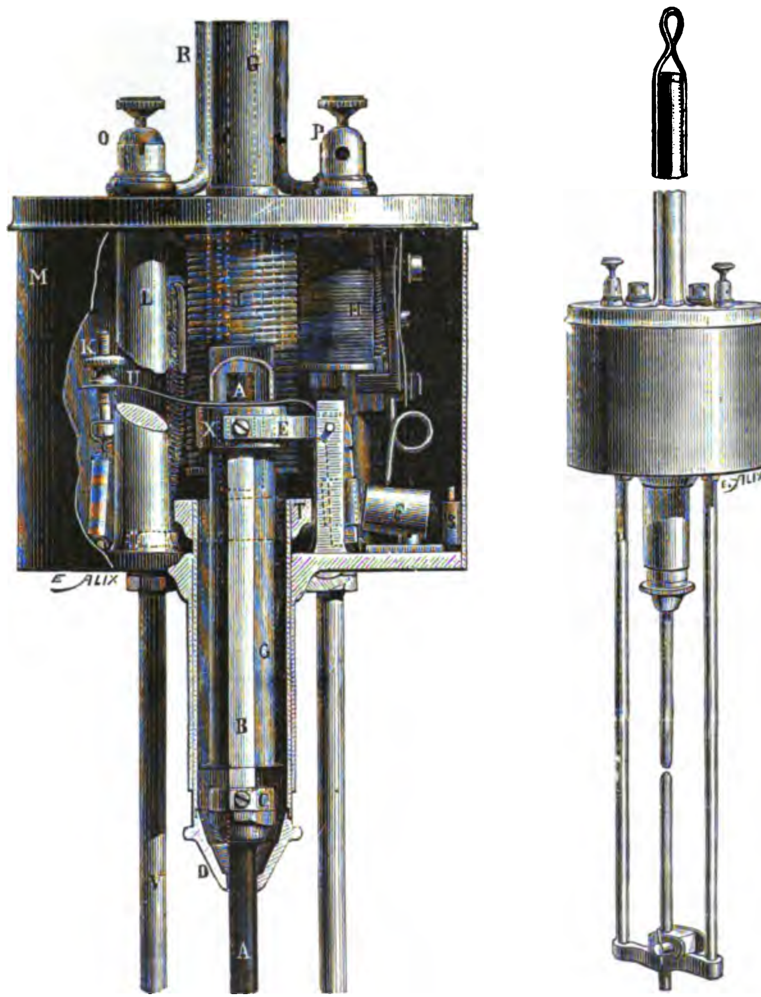


Fig. 470. — Régulateur Létang.

les armatures rend l'action constante dans .outes les positions. Le charbon supérieur ou positif est plus gros que l'autre, afin de rendre le point lumineux fixe. Le solénoïde qui entoure le porte-charbon positif est à gros fil et placé dans le circuit principal, ains' qu'un petit électro-aimant interrupteur. L'au.re solénoïde a un gros fil dans le circuit principal et un fil fin en dérivation.

Si les charbons ne se touchent pas, le courant traverse seulement le gros fil du dernier solénoïde, et une résistance équivalente à celle de l'arc : le porte-charbon négatif est attiré et s'élève jusqu'au contact. Le courant traverse alors les charbons, l'autre solénoïde et l'électro-interrupteur, qui attire son armature et rompt le courant qui traversait le premier solénoïde, dont le fil fin reste seul en dérivation. Le porte-

charbon positif est attiré et remonte : l'arc se produit. Quand l'intensité diminue, le solénoïde à fil fin agit sur le porte-charbon négatif et produit le rapprochement.

Quand les charbons sont usés, le courant est ramené dans le gros fil du premier solénoïde et dans la résistance équivalente ; l'appareil est en court circuit et n'influence pas la marche des autres.

La lampe Pilsen est un très bon appareil industriel.

Régulateur Létang. — Le régulateur Létang (fig. 470), étudié spécialement pour être monté en tension, est d'une construction très simple et d'un bon fonctionnement. Il peut donner des intensités comprises entre 30 et 250 carcels. Le charbon inférieur est immobile : l'autre glisse librement dans un tube vertical D, fixé à l'extrémité d'une armature dont l'autre bout est attiré par un électro-aimant I que traverse le courant principal. Quand l'intensité devient trop forte, cette armature est attirée et soulève le tube D. L'extrémité conique de ce tube vient alors serrer deux ressorts verticaux placés dans l'intérieur et terminés par deux sabots qui coincent le charbon mobile et le soulèvent. Quand l'intensité diminue par l'usure des charbons, un second électro-aimant H, monté en dérivation, reçoit un courant plus intense et devient capable d'attirer une armature disposée pour vibrer comme celle d'une sonnerie. A chaque vibration, le marteau qui termine cette armature frappe sur le levier qui porte les deux ressorts : ceux-ci se soulèvent un instant et abandonnent le charbon qui redescend un peu.

Lorsque, après un nombre suffisant d'oscillations, le charbon a repris sa place, le courant dérivé qui traverse l'électro-aimant H est redescendu à sa valeur normale, et cet électro-aimant n'a plus la force d'attirer l'armature vibrante : le charbon reste donc immobile, pincé par les sabots des deux ressorts.

Régulateur de Puydt. — Dans cette lampe, le point lumineux est fixe. Le porte-charbon supérieur engrène avec la première roue A d'un mécanisme monté sur châssis qui peut osciller autour de l'axe de cette roue (fig. 471). Le porte-charbon inférieur ou négatif engrène avec un pignon calé sur le même axe et de diamètre convenable pour remédier à l'usure inégale des deux charbons. L'électro-aimant P, à gros fil, placé dans le circuit principal, attire, lorsque ce courant prend une intensité suffisante, l'armature oblique P', reliée au châssis du rouage, et fait ainsi tourner la roue A et le pignon d'un petit angle, dans un sens tel que les ch... s'écartent l'un de l'autre. C'est ainsi ... produit l'allumage.

Lorsque la résistance de l'arc devient

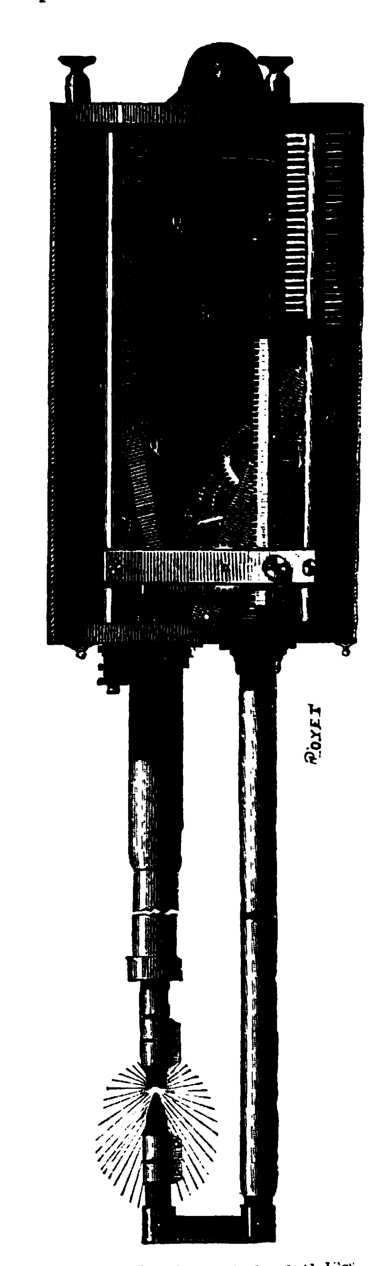


Fig. 471. — Régulateur de Puydt (de Liège).

grande, l'intensité augmente dans l'électro-aimant à fil fin Q, placé en dérivation. Cel... attire l'armature Q', fixée à un levier en l... oscille autour de l'axe de la roue A et por... son extrémité de droite un doigt *a* qui arr...

nécanisme. Quand l'armature Q' est attirée, nécanisme défile et rapproche les charbons, is seulement pendant un instant, car le cou.t dérivé s'interrompt aussitôt et un ressort nène le levier à sa position primitive. Quand charbons sont usés, le porte-charbon négatif

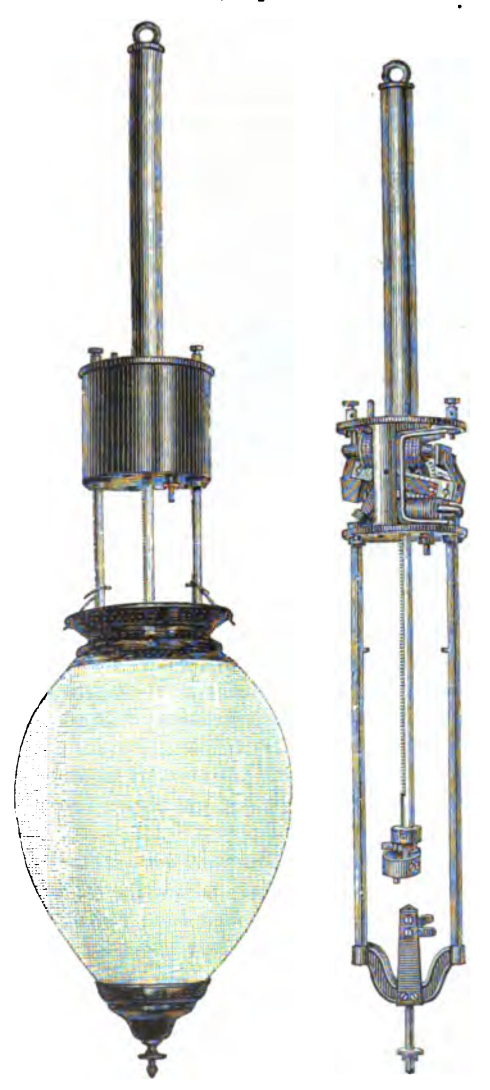


Fig. 472. — Lampe de Puydt, petit modèle.

ient butter contre la traverse *b*, qui arrête le nouvement.

Cet appareil est d'une construction simple et onne de bons résultats dans l'industrie.

La figure 472 représente le petit modèle de la lampe de Puydt, qui comporte un mouvement l'horlogerie actionné par le poids du porte-charbon positif, qui se termine par une crémaillère à sa partie supérieure.

Cette crémaillère engrène avec un pignon calé sur l'arbre du premier mobile; cet arbre sert également à supporter tout le mouvement d'horlogerie, qui peut ainsi pivoter autour de son axe. Le dernier mobile porte des ailettes, qui sont embrayées ou débrayées en temps utile par un doigt d'arrêt fixé à l'armature d'un électro à fil fin placé contre le plateau inférieur de la lampe. Un autre électro à gros fil, visible contre le plateau supérieur, est actionné par le courant de l'arc et, en attirant une armature fixée au mouvement d'horlogerie, fait osciller celui-ci et par suite le pignon engrenant avec la crémaillère.

Cet appareil produit donc deux actions bien distinctes :

1° L'écartement des charbons, lors de l'allumage, par l'action de l'électro-aimant à gros fil, qui fait décrire un certain angle au mouvement d'horlogerie, ainsi qu'aux deux pignons qui commandent les porte-charbons.

2° Un écartement fixe des charbons, à l'aide de l'électro-aimant à fil fin, qui désembraye les engrenages dès que la différence de potentiel aux bornes a dépassé la limite convenable.

Détail important à remarquer, l'armature de l'électro inférieur à fil fin, ainsi que l'embrayeur, sont supportés par l'arbre d'origine du mouvement, de telle sorte qu'en tournant lentement, aussitôt le déclenchement produit, cet arbre ramène l'embrayeur dans la position d'enclenchement.

Par suite, les charbons ne se rapprochent que de quantités très petites à la fois et à de très courts intervalles de temps. Une vis sert à régler l'écart d'allumage et une autre, servant à tendre plus ou moins le ressort antagoniste de l'armature de l'électro à fil fin, permet de maintenir l'arc à la longueur voulue.

Cette lampe fournit une lumière très blanche et d'une fixité parfaite.

Régulateur Pieper. — M. Pieper a construit plusieurs modèles de lampes à arc. La figure 473 représente un modèle à point lumineux mobile. Le charbon négatif descend légèrement au moment de l'allumage, puis reste immobile. Pour cela, il est commandé par un électro-aimant DD, à gros fil, embroché sur le circuit principal. Son armature F, qui soutient le porte-charbon négatif C', est maintenue écartée par un ressort à boudin.

Le porte-charbon positif est fixé à une tige T, qui glisse dans un tube cylindrique parfaitement alésé, et dont le mouvement est réglé par un frein que commande l'électro-aimant

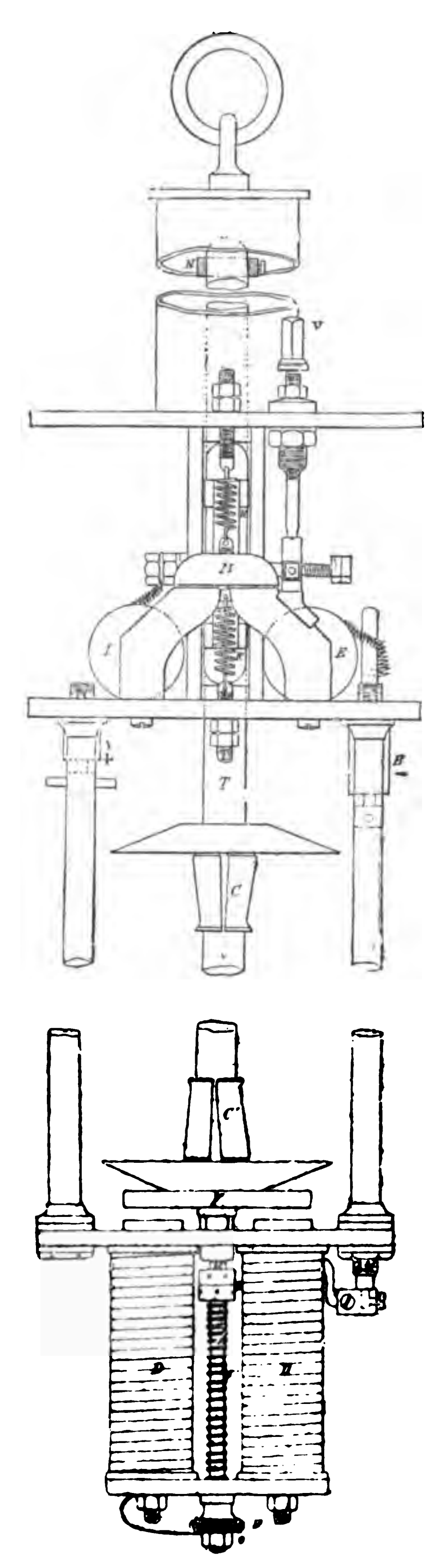


Fig. 473. — Régulateur Pieper à point lumineux mobile.

horizontal EE, monté en dérivation. L... ture M de cet électro, mobile autour d... horizontal, agit sur un ressort garni d... sabots, qui s'appuient sur la tige T et l... bilisent. Lorsque l'armature est attir..., tige peut glisser légèrement. L'armatu... traîne un contact horizontal qui romp... rant dérivé dès qu'elle est attirée et le r... lorsqu'elle ne l'est plus; l'électro n'a... jamais que pendant un instant assez co... ressorts RR' règlent la sensibilité de l'arm...

Si, lorsqu'on lance le courant, les ch... ne sont pas en contact, il passe tout en... l'électro-aimant EE; l'armature M pro... interruptions rapides, et, pendant cha... sage, la tige T descend un peu. Le ... positif arrive ainsi, par une série de pe... sements, au contact du charbon négatif... cuit principal se trouve fermé, et, l'... aimant DD attirant l'armature F, le ... négatif s'écarte un peu de l'autre : l'arc s...

Ce modèle est économique et fon... bien, lorsqu'il est bien entretenu; il donn... intensité de 40 carcels avec 5 ampères ... 45 volts; il peut être placé dans un ... contenant des lampes à incandescence.

Le modèle à point lumineux fixe est r... senté fig. 474. Le charbon supérieur ... tend à descendre sous l'action d'un poi... porte la traverse supérieure. Ce mou... produit l'ascension du charbon négat... l'intermédiaire d'une chaîne sans fin qu... dans les montants latéraux et vient ... rouler vers le haut sur un tambour, mu... engrenage commandé par un pignon d... ailettes.

Un électro-aimant embroché sur le ... principal attire, dès que le courant pas... cadre de fer doux qui agit sur la ch... suspension et produit l'écart nécessaire ... l'allumage.

Un second électro, monté en dérivation ... mande l'autre partie du cadre, muni ... doigt en laiton destiné à arrêter les ai... pignon. Quand la résistance de l'arc aug... cet électro attire le cadre et produit le d... chement de l'ailette; les deux charb... rapprochent jusqu'à ce que, l'équilibre r... le doigt arrête de nouveau les ailettes.

Régulateur à chaînes. — La *Allgemeine E... citäts-Gesellschaft*, de Berlin, construit des ... à arc différentielles (fig. 475), dont le méca... consiste en deux rouages commandés par ... électro-aimants, dont l'un est actionné p... poids du porte-charbon supérieur, l'autre ...

ressort; et, selon que l'arc a ou non sa ngueur normale, les rouages sont arrêtés .r des encliquetages, soit ensemble, soit séparément.

Quand aucun courant ne parcourt la lampe, que les charbons sont séparés, l'armature des électro-aimants est dans une position telle que l'un des encliquetages libère le rouage qui lui correspond, l'autre étant arrêté par le second encliquetage. Donc le poids du porte-charbon supérieur met en mouvement le premier rouage et, à l'aide d'une chaîne sans fin qui passe sur

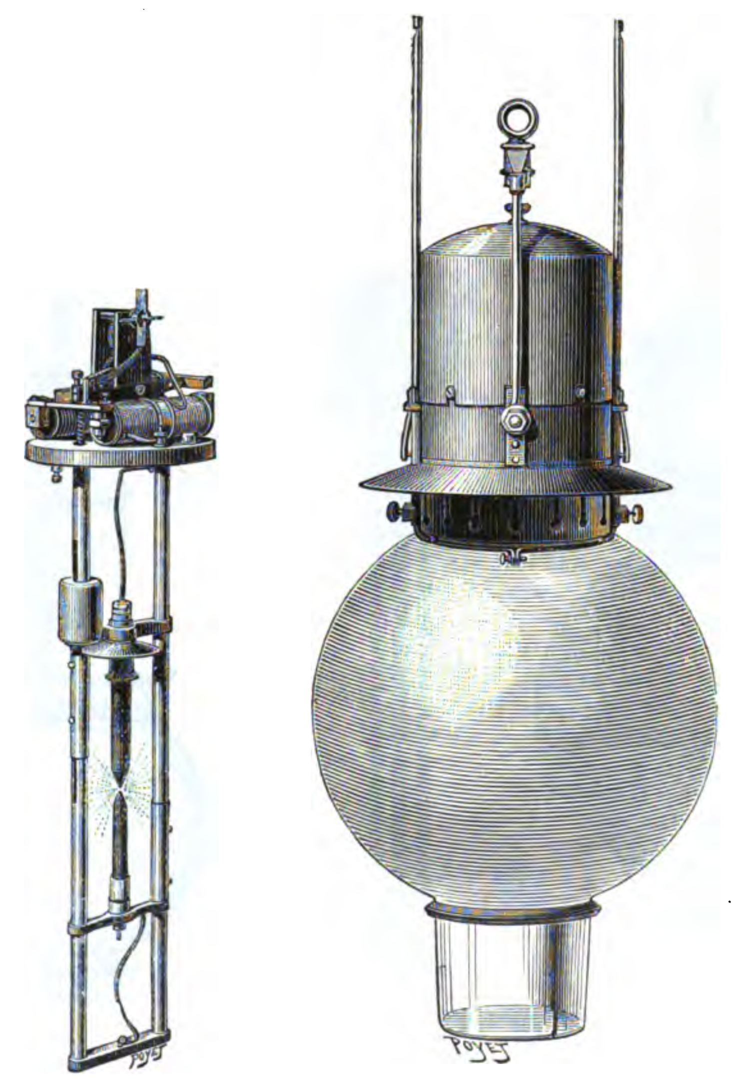


Fig. 474. — Régulateur Pieper à point lumineux fixe.

des poulies, les deux porte-charbons s'approchent l'un de l'autre, jusqu'à ce que les charbons soient en contact. Aussitôt que le courant est établi, il passe sans aucune perte à travers la bobine à gros fil de l'électro-aimant, et l'armature est attirée vers le noyau de fer de la bobine. En conséquence le mouvement du premier rouage est arrêté, tandis que l'autre est libéré, ce qui produit la séparation des charbons et la formation de l'arc. Aussitôt que l'arc atteint sa longueur normale, l'intensité du courant dans la bobine à gros fil est affaiblie, tandis qu'elle augmente dans la bobine à fil fin, de sorte que l'armature commune tend à prendre une position moyenne, et arrête les deux rouages, jusqu'à ce que l'usure des char-

bons ait produit un allongement de l'arc et un accroissement de résistance dans le circuit principal. Ces changements auront pour suite une nouvelle augmentation de courant dans la bobine à fil fin, de sorte que celle-ci l'emportera sur la bobine à gros fil; à ce moment l'armature sera attirée de ce côté et le rouage correspondant arrêté, tandis que l'autre sera libéré, et les charbons s'approcheront l'un de l'autre, jusqu'à ce que la longueur normale et la position moyenne de l'armature soient de nouveau atteintes.

Régulateur Brush. — Dans cet appareil, le charbon inférieur est fixe; le porte-charbon supérieur est commandé par un électro-aimant qui porte deux enroulements en sens contraires, un gros fil embroché sur le circuit, et un fil fin monté en dérivation. L'action différentielle



Fig. 475. — Régulateur à chaînes (Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft, Berlin).



Fig. 476. — Régulateur Brush.

de ces deux bobines fait monter ou descendre un noyau de fer doux placé dans l'intérieur. Quand il monte, il soulève d'un seul côté une bague qui entoure le porte-charbon, de sorte qu'elle coince et s'oppose à sa descente, jusqu'à ce que le noyau redescende un peu.

La partie supérieure du porte-charbon forme un cylindre rempli de glycérine, dans lequel se trouve un piston percé de trous et soutenu par une tige fixe. L'écoulement du liquide à travers ces trous régularise la descente du charbon.

Pour les éclairages de longue durée, M. Brush construit des lampes ayant deux paires de charbons et deux mécanismes semblables. La deuxième paire de charbons s'allume quand la première est complètement usée. On peut avoir ainsi un éclairage de 16 heures. C'est le modèle représenté par la fig. 476.

Ce régulateur est tres employé en Angleterre et surtout en Amérique; il convient à l'éclai-

rage public et aux cas où la parfaite fixité de la lumière n'est pas indispensable.

Régulateur Weston. — Les lampes Weston (fig. 477) sont des régulateurs différentiels, dont



Fig. 477. — Régulateur Weston.

le charbon négatif est fixe et le charbon positif attaché au piston d'une pompe à air pour adoucir le mouvement de descente. Dans les deux solénoïdes, dont l'un est à gros fil et l'autre à fil fin, se meuvent deux tubes de fer doux, guidés par des tiges rigides. Un balancier, qui s'incline dans un sens ou dans l'autre, suivant que l'un ou l'autre des solénoïdes devient prépondérant, commande le coincement du porte-charbon, par l'intermédiaire d'un système de leviers articulés.

Quand les charbons sont en contact, la bobine à gros fil l'emporte ; son noyau s'élève, entraînant le balancier et soulevant le porte-charbon ; l'arc jaillit. Lorsque la résistance augmente, le balancier s'incline de gauche à droite et abaisse le porte-charbon. Cette lampe est construite pour des courants à faible tension.

Régulateur Thomson-Houston. — Cette lampe se compose encore d'un porte-charbon négatif fixe et d'un porte-charbon positif qui tend à descendre par son poids, mais qui peut être coincé par un frein F (fig. 478). L'électro-aimant E, à gros fil, est dans le circuit principal, l'électro E', à fil fin, est en dérivation. Leurs armatures sont formées par un levier *aa'*, qui peut tourner autour d'un axe central et porte un bras L, articulé avec une pompe à air, pour amortir les mouvements. Le bras L supporte aussi le frein F, qui peut serrer le porte-charbon ou le laisser tomber librement. Lorsque l'électro-aimant E agit, son armature est attirée, le frein soulève et maintient le porte-charbon ; lorsque la résistance augmente et que l'électro-aimant E' devient prédominant, le frein se desserre et le porte-charbon s'abaisse.

Il peut arriver que la descente du porte-charbon soit arrêtée par des frottements anormaux : l'intensité augmente alors dans la dérivation E' et l'armature correspondante vient au contact. L'extrémité *a* porte un ressort qui vient alors appuyer sur le contact *i* et lance le courant dans un électro-aimant auxiliaire (représenté sur le dessin par la résistance R'), dont l'armature commande un système qui fait descendre le porte-charbon.

Quand la lampe s'éteint, elle se trouve mise automatiquement en court circuit.

Régulateur Sperry. — Dans la lampe Sperry (fig. 479), très employée en Amérique, l'allumage est produit par un électro à gros fil parcouru par le courant total, tandis qu'un solénoïde à fil fin, placé en dérivation, produit la descente progressive du charbon supérieur. Enfin un troisième électro-aimant, n'ayant que quelques tours de gros fil, sert à mettre les charbons en court circuit lorsqu'ils sont usés.

Le mécanisme est un peu compliqué, mais fonctionne bien. Douze de ces lampes figuraient à l'Exposition de 1889. Elles exigent 50 à 55 volts et 10 ampères. La durée des charbons est de quatre heures.

Régulateur Siemens. — La maison Siemens et Halske construit plusieurs modèles de régulateurs. Celui que représente la figure 480 est différentiel. La tige SS sert d'armature à la fois au solénoïde à gros fil RR placé dans le circuit principal, et au solénoïde TT mis en dérivation. Cette armature descend ou monte suivant que l'action de l'une ou l'autre des b... devient prédominante. Elle entraîne une t... qui arrête ou laisse défiler un mécanism... l'une des roues engrène avec la crémai... porte-charbon positif Z. Le charbon ... est fixe.

Si on lance le courant, les charbons ...

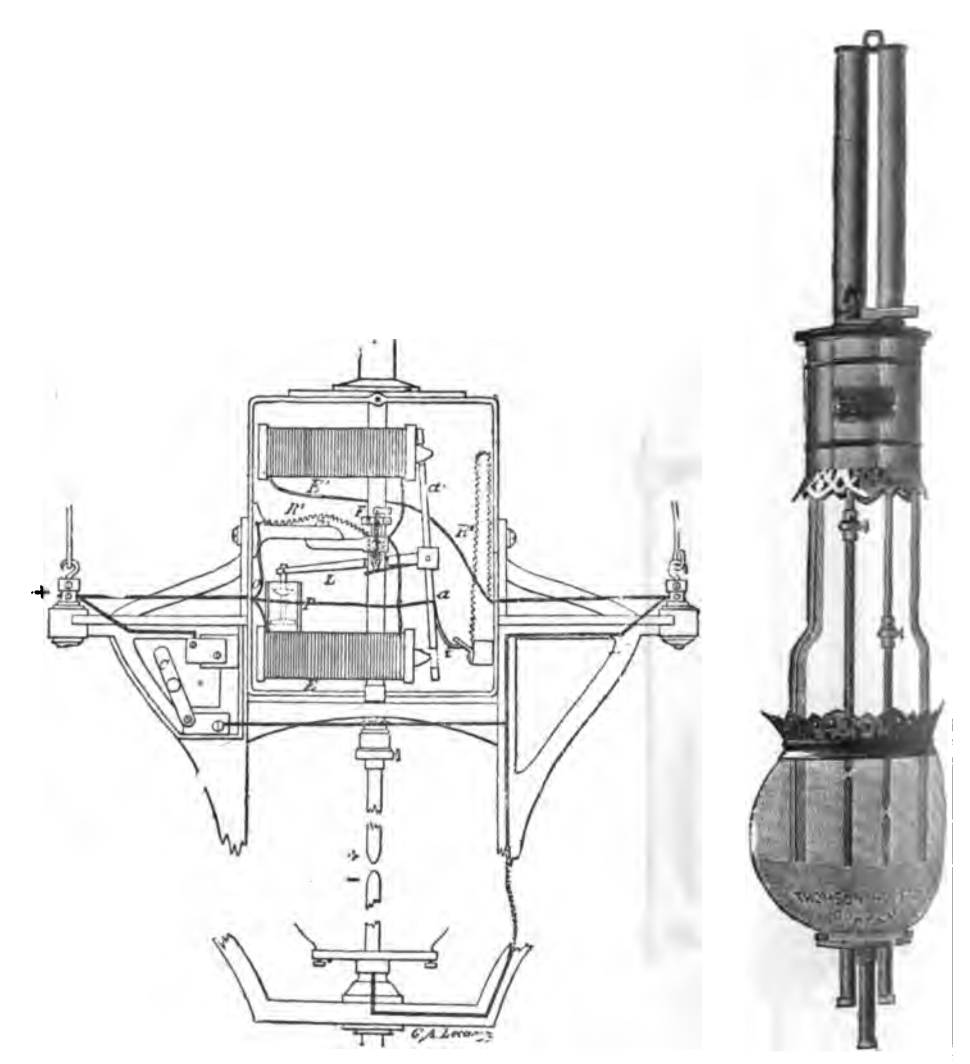


Fig. 478. — Régulateur Thomson-Houston.

contact, l'armature SS s'enfonce rapidement, la tige AA est soulevée par le levier *cc'* et l'arc jaillit. Quand la résistance de l'arc augmente, le noyau SS s'enfonce dans la bobine TT, la tige AA s'abaisse, le mouvement défile et les charbons se rapprochent.

Lampe Alioth. — Ce régulateur est du type différentiel. Le rapprochement des charbons est déterminé par le poids du porte-charbon s... rieur. Le charbon positif est plus gros, d... que les deux porte-charbons doivent s... cer de la même quantité. Ces deux tiges... lées en crémaillère, engrènent avec des p... isolés montés sur l'axe de la roue d'éch... ment placée au bas du mécanisme (fig. ... Cette roue est entourée par un cadre ...

des couteaux, qui porte à gauche un cli- ; destiné à arrêter la roue d'échappement, oite un étrier vertical relié à un noyau de doux formant, comme dans l'appareil pré- ent, l'armature commune des deux solé- les placés à droite. La bobine inférieure, à



Fig. 479. — Lampe Sperry (Sperry Electric C°, Chicago).

;ros fil, est embrochée dans le circuit princi- al; l'autre, qui est à fil fin, est en dérivation.

Les charbons étant en contact, si le courant asse, l'électro-aimant inférieur attire le noyau ; 'étrier s'abaisse, entraînant le cadre mobile ; le cliquet embraye la roue d'échappement et la fait tourner de gauche à droite, ce qui écarte les charbons et produit l'allumage. Si la résis- tance devient trop grande, le solinoïde à fil fin fait remonter le noyau et le cadre s'incline en sens contraire. Pendant ce mouvement, un le- vier écarte le cliquet et l'empêche d'engrener : la roue d'échappement est donc libre et tourne sous l'action du porte-charbon supérieur. Les charbons se rapprochent.

L'électro-aimant à gros fil placé à gauche est

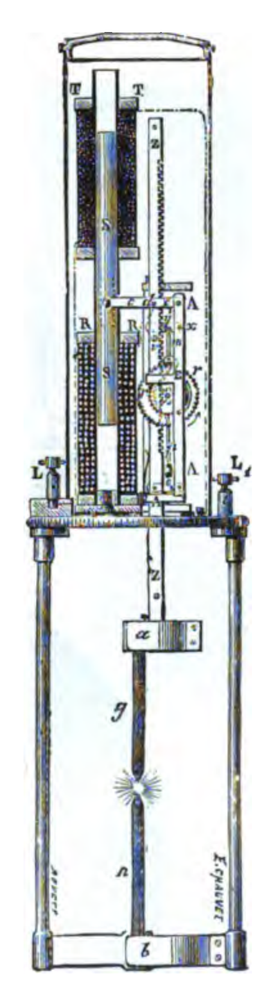


Fig. 480. — Régulateur Siemens.

dans le circuit principal. Il sert à produire un champ intense dans lequel tourne un disque de cuivre calé sur le même axe avec un pignon denté qui engrène avec la roue d'échappement. Les courants de Foucault qui prennent naissance dans ce disque arrêtent le mouvement, et ne laissent échapper qu'une seule dent de la roue à chaque rapprochement. Les porte-charbons et le noyau sont guidés par des galets. Les char- bons sont fixés dans des pinces à ressort.

Régulateur dynamo Bréguet. — MM. Edison, Gray, Tchikoleff, etc., ont construit des lampes dans lesquelles une petite dynamo sert de moteur pour produire le déplacement des charbons.

La maison Bréguet construit également une

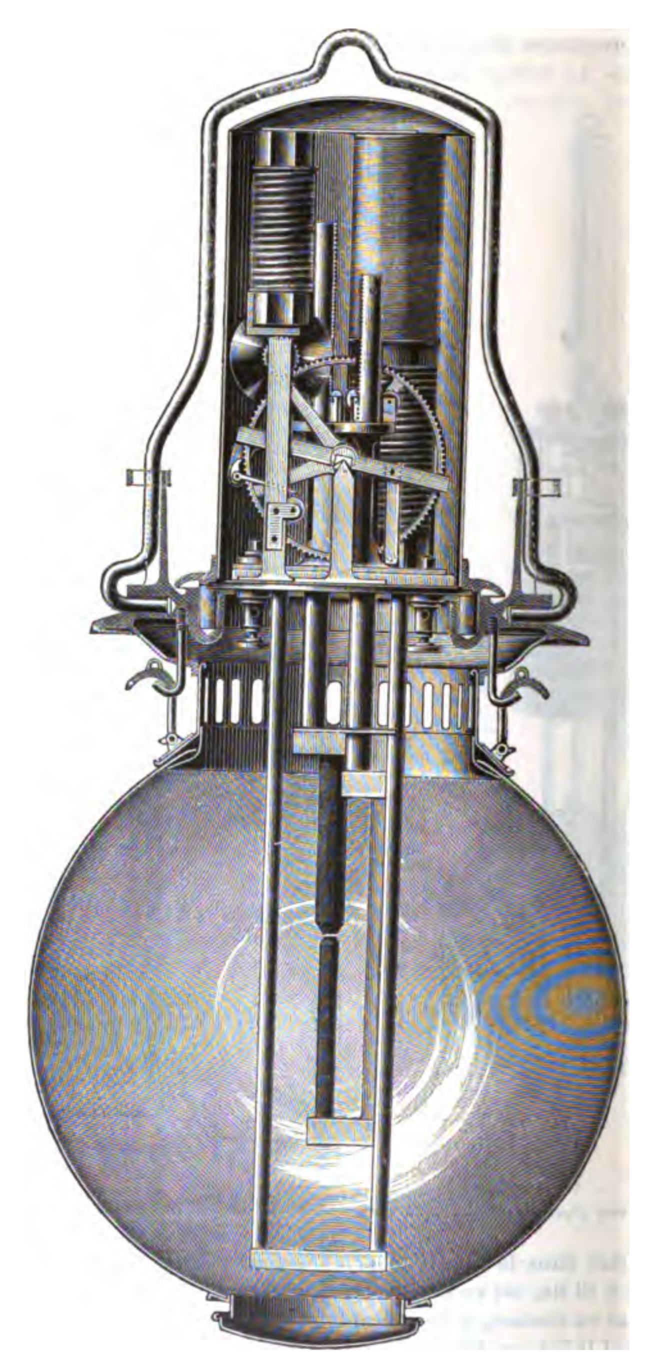


Fig. 481. — Lampe Alioth (de Bâle).

lampe dont le charbon inférieur est fixe, et le charbon supérieur commandé par une petite machine de Gramme (fig. 482). L'axe de la bobine porte un pignon denté qui engrène

ėmaillère du charbon supérieur ; celle-ci son poids tend à faire tourner l'anneau le dans un certain sens, tandis que les aunications sont établies de manière à tourner l'anneau en sens contraire lorsqu'il est traversé par le courant. On conçoit donc la possibilité d'obtenir une position d'équilibre du système pour un certain écart des charbons ; c'est la position pour laquelle l'effort développé par l'anneau est égal au poids de la cré-

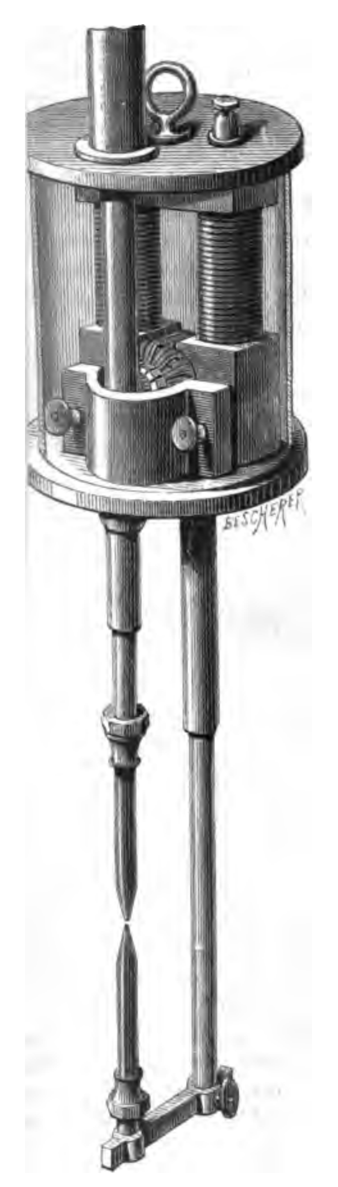




Fig. 482. — Régulateur dynamo Bréguet.

illère. Si les charbons s'écartent, l'intensité courant diminue ; le poids de la crémaillère mporte et fait tourner l'anneau de manière rapprocher les charbons. Si l'intensité devenait par hasard trop grande, ce serait l'action ectrodynamique qui l'emporterait et la bobine tournerait en sens contraire, de manière à faire remonter la crémaillère. Ces appareils sont généralement construits pour un fontionnement ininterrompu de sept à huit heures. On obtient des durées plus longues avec des appareils disposés spécialement dans ce but

et portant plusieurs paires de charbons placées parallèlement et montées en dérivation. L'arc passe successivement de l'une à l'autre aussitôt que l'augmentation d'écart, résultant de l'usure des charbons, détermine une résistance plus grande dans la paire en fonction. Ce régulateur est d'une construction éminemment simple et robuste. Il peut s'employer en dérivation et donne des intensités variant de 70 à 250 carcels.

Régulateur Thury. — Cette lampe est mue, comme la précédente, par une petite dynamo : l'axe de l'induit porte un pignon, qui engrène avec une roue dentée sur l'axe de laquelle sont disposés deux pignons égaux, commandant des crémaillères adaptées aux deux porte-charbons ; celles-ci, étant disposées de part et d'autre de l'axe, se meuvent toujours en sens contraires, mais de quantités égales. Pour compenser cet inconvénient, et rendre l... mineux fixe, on emploie des charb... mètres différents.

La dynamo, excitée en série, est ... tion sur le circuit principal. Au repo... du porte-charbon négatif entraîne ... et les charbons sont écartés. Le cour... donc d'abord seulement dans la dyn... agit sur les charbons et les fait rappr... qu'au contact. Le courant se divise ... intensité diminue dans la dynam..., permet au poids du porte-charbon ... l'emporter, et l'arc s'établit. Sa ... augmente la résistance du circuit ... l'action du moteur devient assez ... maintenir l'équilibre. Le réglage se ... par ces deux actions antagonistes.

Lampe Soleil. — Cette lampe, ima...

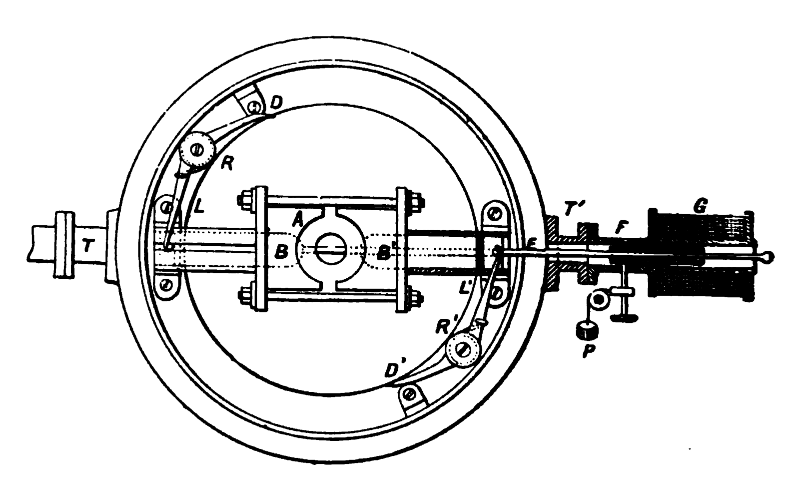


Fig. 483. — Lampe Soleil.

MM. Clerc et Bureau, formait en quelque sorte le passage des bougies aux lampes à incandescence. Les inventeurs l'ont transformée depuis en un véritable régulateur.

Elle était formée à l'origine d'un bloc de carbonate de chaux, évidé à la partie inférieure. Deux charbons glissaient librement dans des ouvertures obliques, de sorte que leurs pointes se trouvaient en regard dans l'évidement inférieur, où elles étaient arrêtées par un rebord extérieur. L'allumage se faisait à l'aide d'un charbon qu'on présentait entre les deux pointes. Le carbonate se changeait en chaux vive, et devenait incandescent, ce qui augmentait beaucoup l'intensité et donnait à la lumière une grande fixité et une belle couleur légèrement dorée.

L'appareil avait l'inconvénient de ne pas se rallumer automatiquement en cas d'ex... les inventeurs l'ont modifié pour fai... raître ce défaut. Un bloc de marbre ... (fig. 483), évidé au centre, est fixé ... cornière de fer circulaire qui reçoit le ... verre. Les charbons BB', placés horizont... traversent deux tubes de fer qui les ... ils sont poussés vers l'intérieur, à mesu... s'usent, par deux leviers coudés DL, D... lesquels agissent les ressorts RR' ; quand ... est complète, ces leviers rencontrent en ... contacts qui mettent la lampe en court ... L'allumage automatique se produit a... d'un charbon mince, qui traverse suiva... axe le charbon B' ; ce charbon mince e... une tige E, qui termine l'armature F d... bine G, placée dans le circuit. Au rep... tion du contre-poids P appuie constam...

on mince contre le charbon B; dès que le nt passe, le solénoïde attire l'armature F, arbon mince s'écarte et l'arc jaillit. Le ιe marbre dure environ dix à quinze heures; narbons, longs de 10 centimètres, durent ante heures; mais cet appareil ne donne ne lumière aussi régulière que les lampes rbons verticaux, et il absorbe une force ice double.

npes à incandescence. — Dans ces lampes, nière est fournie par un filament porté à empérature élevée. Nous avons donné plus les notions générales relatives à l'incan- ›nce (Voy. ce mot); il nous reste seule- à faire connaître les principaux modèles de lampes, leur fabrication et leur mode de montage. Ces modèles ne diffèrent guère que par des détails, le principe étant toujours le même.

Les lampes à incandescence se composent d'un filament de charbon placé dans une ampoule où l'on a fait un vide presque absolu : il en existe du reste bien des systèmes qui diffèrent par l'origine du filament, sa forme et son mode de préparation. Quelles que soient d'ailleurs ces conditions, le filament doit être très homogène et élargi vers les bouts pour être plus solide. Il doit aussi être en parfaite communication avec les conducteurs qui amènent le courant. La forme rectiligne ne lui

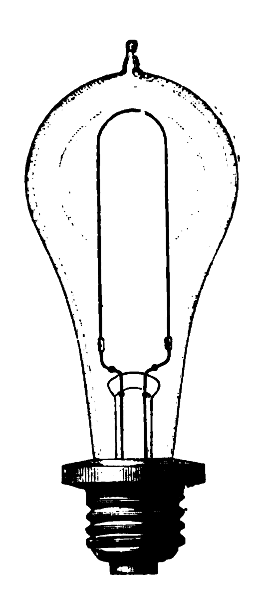






Fig. 484. — Lampes Edison.

ιient pas, parce qu'elle ne laisserait pas élasticité suffisante pour résister aux chocs ux variations de longueur : on rapproche nairement les deux extrémités de manière ιi donner une forme courbe, qui est aussi ; avantageuse au point de vue de l'éclairage ın point ou un trait lumineux très fin.

ampe Edison; sa fabrication. — La lampe son est la première lampe à incandescence ait satisfait aux besoins de l'industrie ; elle e de 1880. Le filament a la forme d'un U versé; il est placé dans une ampoule pres- › vide d'air. Nous croyons intéressant de ıner quelques détails sur la fabrication de te lampe.

.es filaments de charbon proviennent de la cination de certaines espèces de bambous du Japon. Cette substance a été choisie par Edison après de nombreux essais portant sur les matières les plus diverses. On prend des fragments d'environ 20 centimètres de longueur, choisis à la surface de la tige, et, après les avoir amenés à l'épaisseur voulue, on les découpe en filaments renflés aux deux bouts. Ces filaments sont ensuite placés dans des moules plats en nickel, qui leur donnent la forme qu'ils doivent conserver, et qu'on porte à une température suffisante pour carboniser le bambou au degré convenable. Le filament est alors fixé à la pièce qui doit le porter : cette pièce est formée d'un tube de verre qu'on voit dans l'intérieur de la lampe et qui renferme deux fils métalliques. Ces fils traversent le haut du tube, qui est fermé ; en ce point, ils sont formés de platine,

qui a la même dilatation que le verre ; au-dessus et au-dessous, ils sont en cuivre. On fixe donc le filament de charbon à la partie supérieure des fils de cuivre, et, pour assurer le contact, on recouvre d'un dépôt de cuivre galvanique les points d'attache du charbon et du métal.

Cette opération terminée, on introdu... dans l'ampoule de verre qu'on ferme à l... inférieure en la soudant au chalume... à la partie supérieure de l'appareil ... cylindrique par lequel on fait le vide ... sant communiquer avec une pompe ... de Sprengel. Lorsque le vide est pres... on fait passer dans la lampe un cour... on augmente peu à peu l'intensité ... que le filament ait atteint l'éclat q... avoir en fonctionnement régulier; cett... tion chasse les gaz condensés par le ... et dont le dégagement ultérieur aurait ... menter inutilement la pression in... Quand on a atteint un vide suffisant, ... l'ampoule au chalumeau et on introdu... dans une monture en cuivre où on la ... du plâtre; les fils de cuivre aboutis... pièces métalliques destinées à prendr... rant. On laisse généralement dans l... une pression un peu inférieure à ... 1/100 de millimètre de mercure. Il n... pousser la raréfaction au delà de ce... car l'opération deviendrait plus coû... un vide trop parfait a l'inconvénient d'a... la désagrégation du filament, dont le...



Fig. 185. — Douille à clef Edison (détails) (Compagnie continentale Edison).

cules enlevées vont noircir l'ampoule, en même temps que la durée de la lampe se trouve abrégée.

La Compagnie Edison a mis récemment en circulation un certain nombre de nouveaux types de lampes, qui sont destinés à fournir des intensités plus considérables, et dans lesquels on a modifié en conséquence la forme, l... et la disposition des filaments. La figu... montre deux de ces nouveaux modèles.

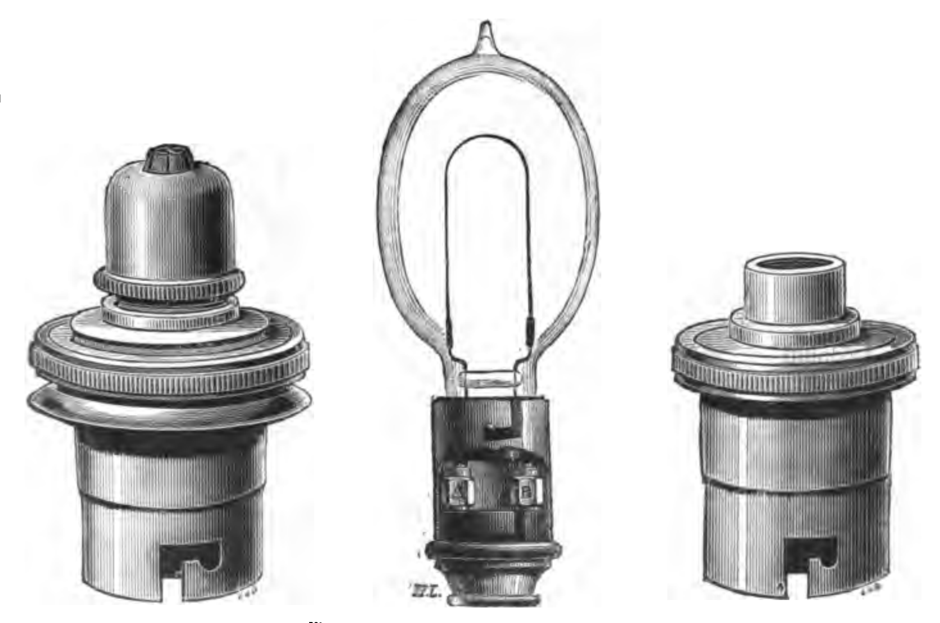
Montage des lampes Édison. — Les lamp... nous venons de décrire doivent être di... pour pouvoir se placer et s'enlever faci... afin qu'on puisse les remplacer quand el...

.. Pour obtenir ce résultat, les supports nés aux lampes se terminent par une le en bois M (fig. 485), dont la cavité intée porte au fond une plaque de cuivre C nuniquant avec l'un des conducteurs; une ure en cuivre filetée F garnit l'intérieur de vité : elle est reliée à l'autre conducteur olée de la plaque précédente : d'un autre la lampe est mastiquée à l'aide de plâtre un manchon en cuivre E fileté extérieure-., ainsi qu'on le voit sur la figure précé-e : la surface latérale de ce manchon comique avec l'une des extrémités du filament, is que l'autre bout du charbon est fixé à rondelle de même métal D scellée au midu plâtre, et qui fait saillie à la partie inure. Il suffit de visser la lampe jusqu'au de la douille pour mettre ces deux pièces .lliques en communication avec les deux es correspondantes de celle-ci et par suite les conducteurs. Lorsque la lampe est , il n'y a qu'à l'enlever et en visser une e à la place.

la douille ne contient pas d'autres pièces, leux extrémités du filament sont en communication permanente avec les conducteurs : il est donc nécessaire d'installer en un point du circuit un interrupteur qui permette d'allumer ou d'éteindre la lampe à volonté, soit seule, soit en même temps qu'un certain nombre d'autres. La douille elle-même peut porter cet interrupteur. Telle est la douille à clef des figures 485 et 486. L'un des conducteurs est


Fig. 486. — Douille à clef Edison.

coupé en un point, et ses deux sections aboutissent à deux pièces isolées et formant une sorte d'entonnoir interrompu. La clef se ter-


Fig. 487. — Lampe Woodhouse et Rawson.

ıe par un tronc de cône fendu dont les deux ties sont maintenues séparées par un rest. La tige de la clef est enfermée dans un e contenant un ressort spirale et muni d'une nure hélicoïdale dans laquelle se meut la tête d'une vis fixée à la tige de la clef; cette rainure est terminée par un cran d'arrêt. En tournant la vis de gauche à droite, on attire le tronc de cône, qui vient toucher les deux pièces isolées et fermer le circuit. Quand on tourne de

droite à gauche, le ressort repousse le tronc de cône et le circuit est rompu. La manœuvre est donc identique à celle qu'on fait pour ouvrir ou fermer un robinet de gaz. La Compagnie Édison construit aussi des modèles plus récents dont le principe est le même, mais qui sont moins volumineux.

Lampe Woodhouse et Rawson. — Nous avons cru devoir décrire avec quelques détails la fabrication et la disposition des lampes Édison, qui forment un des types les plus employés. Il existe beaucoup d'autres systèmes qui réalisent aussi les conditions nécessaires à un fonctionnement régulier et qui diffèrent du précédent par l'origine du filament et par certains détails de fabrication qui sont parfois tenus secrets. Nous ne pouvons songer même à énumérer tous ces modèles, mais nous allons indiquer quelques-uns des principaux.

Les lampes Woodhouse et Rawson, qui sont d'un emploi fréquent en Angleterre, présentent un filament à peu près de même forme que celui des lampes Édison, mais dont l'origine et le mode de préparation sont tenus secrets (fig. 487). Le montage se fait au moyen d'une substance particulière, la *vitrite*, dont la composition est également inconnue, et qui constitue un isolant dur et inattaquable, fusible à une température élevée.

L'extrémité inférieure du globe est fixée au moyen d'un ciment spécial dans une capsule cylindrique en *vitrite*, qui entre à baïonnette dans une douille en laiton et y pénètre jusqu'au fond, au-dessous de la déchirure figurée sur le dessin. Dans la capsule sont encastrées deux pièces en laiton percées chacune d'un trou où s'engage un des fils de platine de la lampe, le contact étant assuré au moyen d'un amalgame particulier. La douille en laiton est montée elle-même sur une embase en vitrite que traversent deux conducteurs aboutissant aux colonnettes A et B. Celles-ci font ressort et assurent, lorsque la capsule est introduite dans la douille, un excellent contact avec les pièces métalliques, auxquelles aboutissent les fils de platine.

Quelquefois le mouvement à baïonnette est disposé de façon qu'on puisse engager la goupille d'arrêt à droite ou à gauche. Dans l'un des cas, les colonnettes A et B rencontrent les pièces métalliques et le courant passe; dans l'autre, elles touchent le fond en vitrite de la capsule et le courant est interrompu. Cette manœuvre très simple permet donc d'allumer ou d'éteindre la lampe à volonté. La figure montre en outre deux formes de supports à baïonnettes destinés à cette lampe. Toutes les parties isolantes sont en ardoise.

Lampe Swan. — Les filaments des lampes Swan sont formés de fils de coton tressés et enroulés en un renflement aux extrémités. Après une longue immersion dans l'acide sulfurique étendu, on les recourbe en forme de boucle et on les chauffe à blanc dans un creuset en terre réfractaire rempli de poussier de charbon très fin. Ils sont ensuite fixés à des fils de platine, qui se terminent par deux anneaux dans lesquels on engage deux crochets fixés au support. Un ressort à boudin fait pression sur la lampe et empêche les crochets de se dégager (fig. 489).

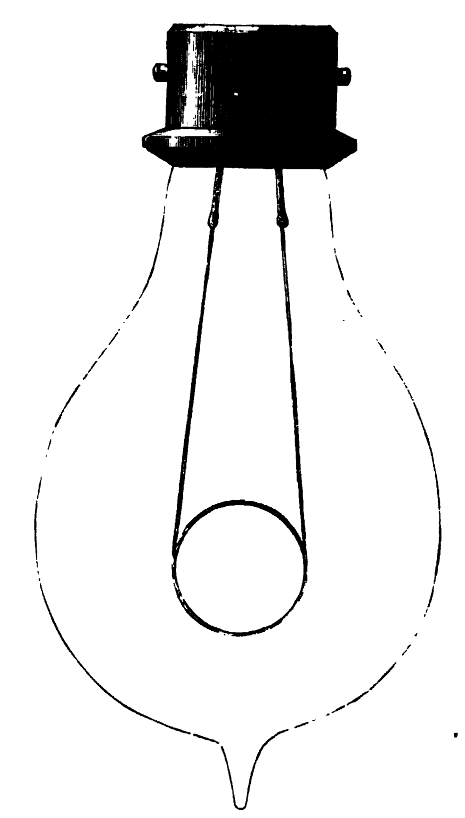


Fig. 488. — Lampe Swan (brevets Edison et Swan).

La figure 488 représente un modèle de lampe Swan.

Depuis deux ou trois ans ce mode de montage, qui exposait beaucoup à casser les fils de platine, a été abandonné pour la lampe Swan et remplacé par les supports à baïonnette de la figure 489. Celui de droite est muni d'un interrupteur.

Les lampes Swan sont fabriquées avec soin

et économie, car elles exigent peu de watts pour une intensité donnée.

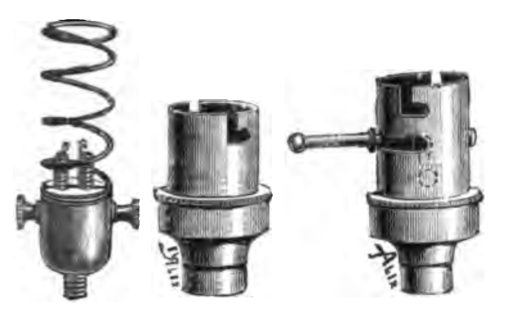


Fig. 489. — Douilles pour lampes Swan (Grivolas).

Les lampes Siemens et Halske utilisent également les fils de coton tressés.

Lampes Lane-Fox et Maxim. — Dans la lampe

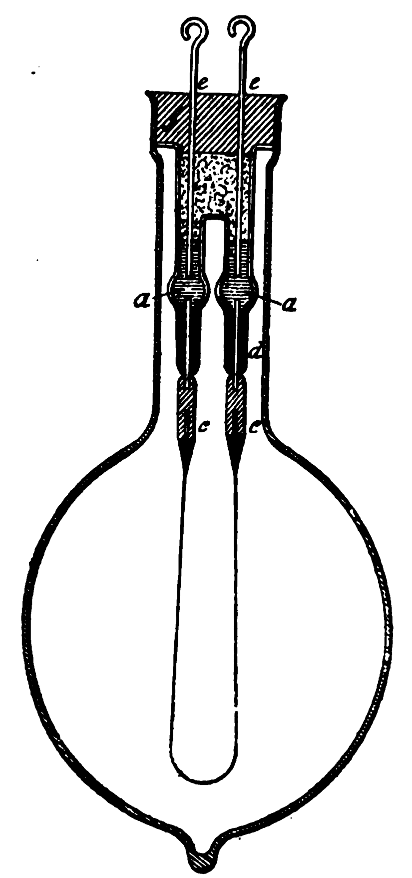


Fig. 490. — Lampe Lane-Fox.

Lane-Fox (fig. 490), le filament est constitué par des brins de chiendent ou de bouleau carbonisé : ces fibres, nettoyées à la potasse, sont tendues sur un moule en graphite et carbonisées dans un creuset de même substance. On les chauffe ensuite au moyen d'un courant énergique, après les avoir placées dans des globes remplis de benzole; le charbon provenant de la décomposition du carbure vient renforcer les parties les plus minces, qui sont en même temps les plus

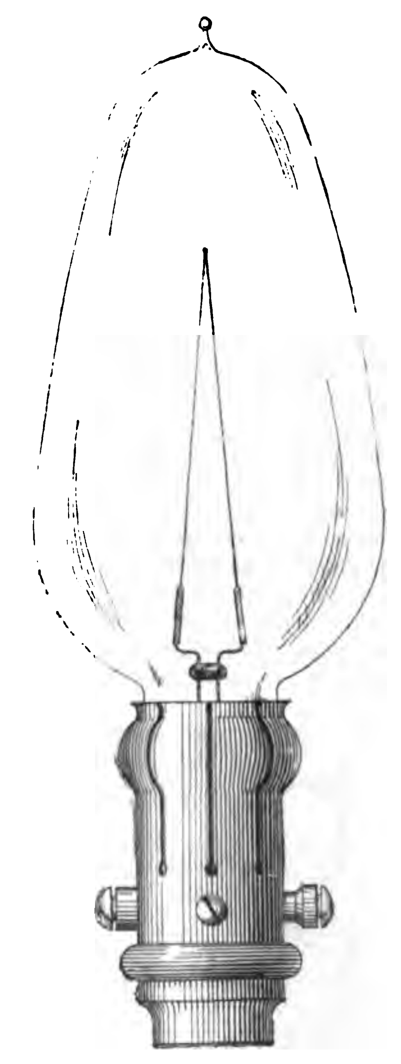


Fig. 491. — Lampe Gérard.

chaudes. Les filaments, qui ont à peu près la même forme que ceux d'Édison, sont ensuite fixés par leurs extrémités dans de petits cylindres creux de graphite *cc*, dans lesquels pénètrent par l'autre bout des fils de platine, se terminant dans des renflements en verre *aa*, pleins de mercure. Au-dessus de ce liquide se trouvent des tampons d'ouate fortement pres-

sée, surmontés d'un bloc de plâtre qui clôt la lampe. Ce système n'est pas appliqué en France.

Il en est de même du système Maxim, qui donne cependant des résultats satisfaisants. Le filament n'est pas recourbé : on le découpe à l'emporte-pièce dans un papier bristol en lui donnant la forme d'un M. On le carbonise légèrement entre deux plaques de fonte, et on l'introduit dans l'ampoule, qu'on remplit de vapeur de gazoline. On fait un vide partiel et l'on chauffe le filament au moyen d'un courant électrique, de manière à décomposer lentement la gazoline, dont le charbon se dépose sur le filament et le renforce. Cette manière de *nourrir* le charbon, que nous avons déjà indiquée dans le procédé Lane-Fox, est due à M. Maxim et employée par beaucoup de constructeurs. Elle donne aux fils une grande élasticité.

Lampe Gérard. — Les filaments des lampes Gérard sont formés de coke en poudre mélangé de matières gommeuses, qu'on a comprimé et passé à la filière. On calcine ensuite à l'abri de l'air et l'on soude deux filaments rectilignes par leur partie supérieure, de manière à former un V renversé (fig. 491). Ces lampes n'ont qu'une résistance assez faible, et exigent par conséquent une intensité assez grande et une faible différence de potentiel. La douille est simple, donne un bon contact et permet de remplacer très facilement les lampes usées.

Lampe Cruto. — Le filament des lampes Cruto (fig. 492) est formé d'un fil de platine à



Fig. 492. — Lampe Cruto.

la Wollaston, qu'on entoure d'une gaine de charbon en le fixant dans une ampoule où circule lentement du bicarbure d'hydrogène. Le platine étant alors porté au rouge par un courant électrique, il se forme, par une suite de décompositions chimiques, une série de couches concentriques de charbon, formant un filament sensiblement homogène. Un système ingénieux de vérifications électriques permet d'arrêter l'opération au moment précis où le filament a le diamètre voulu. Le charbon est ensuite fixé sur des supports de platine par une soudure due également à la décomposition de l'éthylène.

Lampes Thomson-Houston. — La *Thomson-Houston Electric C°* a imaginé plusieurs systèmes de lampes à incandescence, pouvant être intercalées dans un même circuit avec des lampes à arc. Nous indiquons plus loin comment se fait le montage (voy. ce mot). Le premier modèle (fig. 493) se fixe au plafond par une rosace portant deux bornes destinées aux fils du circuit et un commutateur pour dériver le courant de la lampe. Les fils traversent la tige pour aller au coupe-circuit destiné à protéger automatiquement la ligne, lorsque le filament se brise par accident, lorsqu'on a oublié de fixer la lampe à son attache ou lorsque le commutateur du plafond n'est pas fermé. Cette dernière manœuvre doit toujours être faite avant de visser la lampe sur la garniture.

Le second modèle est muni d'un distributeur individuel, consistant en une boîte de laiton qui renferme un électro-aimant placé dans le circuit de la lampe et une bobine de résistance, qui est automatiquement substituée à la lampe dans le cas où le filament vient à se briser. Il faut un distributeur pour chaque lampe. Le modèle ordinaire absorbe 1,25 ampère et donne 20 à 25 bougies. Dans les circuits pour arcs de 1200 bougies (6,8 ampères), ces distributeurs sont placés par groupes de cinq. On porte leur nombre à huit dans les circuits pour arcs de 2000 bougies (10 ampères) (voy. MONTAGE). Chaque distributeur peut être muni d'un commutateur permettant de retirer la lampe du circuit sans affecter le fonctionnement des autres.

Un modèle spécial peut même être placé directement en tension sur des circuits de lampes à arc. Ce modèle reçoit une monture particulière représentée fig. 494, et qui sert à fermer le circuit automatiquement, soit que la lampe soit enlevée, soit que le filament soit brisé, afin d'éviter l'extinction des autres lampes à arc ou à incandescence placées sur le circuit. Pour cela, les deux extrémités du filament sont reliées respectivement à la garniture taraudée placée au centre de la base, et à un collier en cuivre qui entoure le bas de l'ampoule. D'un

autre côté, les conducteurs aboutissent l'un au massif du support, l'autre à une plaque isolée au mica, qui surmonte le support. Cette plaque porte une vis qui pénètre dans la garniture ta-



Fig. 493. — Lampes Thomson-Houston.

raudée de la lampe et un bras A, sur lequel

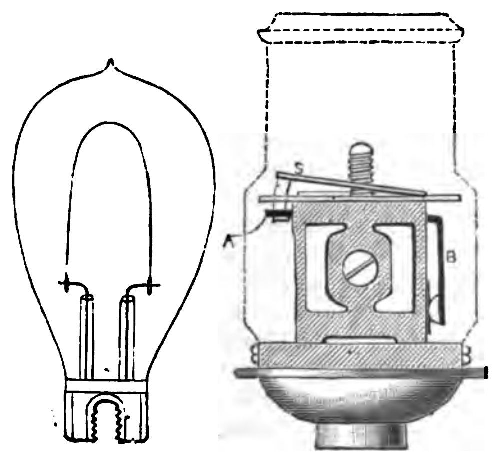


Fig. 494. — Monture des lampes Thomson-Houston.

s'appuie, lorsqu'il n'y a pas de lampe, le ressort S relié au massif. Le circuit est ainsi fermé quand il n'y a pas de lampe. Si l'on visse une lampe, le ressort S s'abaisse, le contact avec A est rompu et la lampe peut s'allumer. La plaque isolée porte enfin une équerre B qui s'appuie sur le massif du support, mais en est séparée par une feuille de papier isolant. Si le filament se brise, la différence de potentiel en B est suffisante pour percer le papier et le circuit se trouve rétabli.

Lampe Heisler. — D'autres inventeurs, notamment MM. Heisler, de Saint-Louis (Missouri), et Bernstein, se fondant sur les dangers résultant des hautes tensions, préconisent l'emploi de lampes peu résistantes, alimentées par des courants de grande intensité et de faible force électromotrice.

La lampe Heisler (fig. 495), très employée en Amérique, est formée d'un filament en forme de boucle, de faible résistance, donnant une lumière blanche, se rapprochant par sa couleur de celle de l'arc voltaïque. Ces lampes sont

très économiques et faciles à installer. M. Heisler emploie des courants de 5 ampères; il suffit donc de prendre un fil de 2 millimètres de diamètre pour l'intérieur et de 3,4 millimètres pour l'extérieur, de sorte que la perte est très faible. Le diamètre des conducteurs est le même quel que soit le nombre des lampes, ce qui simplifie beaucoup l'installation. Toutes les lampes sont montées en série. La figure représente une lampe Heisler disposée pour l'éclairage public. Le support en fer se fixe dans un poteau de bois; les fils qui partent de la lampe passent sur des isolateurs et vont aboutir au conducteur principal, qui est aérien et soutenu par des isolateurs placés un peu plus haut sur le même poteau.

Un ferme-circuit automatique est joint à chaque lampe pour l'isoler en cas d'extinction.

Ces lampes donnent une intensité de 15 à 200 bougies.

Lampe Bernstein. — Cette lampe est aussi à faible résistance (0,7 à 1,4 ohm), et se monte également en série. Le filament est obtenu par la carbonisation d'un ruban creux en soie blanche. Il est fixé à des fils de platine par l'intermédiaire de petites masses d'émail. La figure 496 montre le dernier modèle, renfermant un gros fil de charbon horizontal *a*.

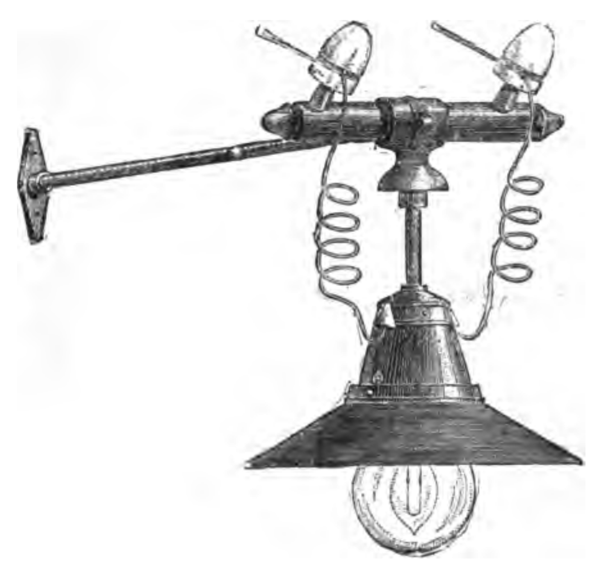


Fig. 495. — Lampe Heisler.

Toutes les lampes étant en série, il faut que, si un filament vient à se rompre, la lampe soit mise immédiatement en court circuit. Pour cela les deux fils qui supportent le filament sont très rapprochés en un point *c*; en *d* ils sont entourés d'une matière isolante et reliés par un ressort *e*, qui tend à les faire toucher en *c*. La résistance mécanique du filament *a* s'oppose à ce mouvement et empêche le contact, tant qu'il est en bon état. A mesure qu'il s'use, l'action du ressort fait rapprocher les deux fils, et le contact se produit dès que le charbon est consumé, mettant la lampe en court circuit.

Le support est construit de telle façon qu'il faut établir un contact direct avant d'enlever la lampe, et que le contact ne peut pas être rompu ensuite avant qu'on ait replacé une nouvelle lampe. Une plaque isolante porte deux douilles métalliques i et i_1 de section carrée, destinées à recevoir les fils conducteurs de la lampe. Les parois antérieures de ces douilles sont remplacées par des ressorts plats kk_1. Quand la lampe est dans la douille, elle est maintenue par la pièce *m*, dont l'extrémité pénètre dans la tige *f*. Pour enlever la lampe, il faut tourner la pièce *m* de 90° avec une clef; cette pièce établit le contact entre les deux douilles et se trouve solidement maintenue par les deux ressorts qu'on voit de chaque côté. Ces deux ressorts se trouvent soulevés lorsqu'on introduit une autre lampe, et l'on peut alors ramener la pièce *m* dans sa première position.

Lampes à incandescence à grande intensité. — Les lampes les plus employées sont celles dont l'intensité varie entre 1 et 20 bougies, en

particulier les modèles de 8, de 10, de 16 et de 20 bougies. Toutes les autres sont moins usitées. Les lampes à grande intensité, outre qu'elles sont beaucoup plus rarement utiles, ont présenté pendant longtemps l'inconvénient de s'user beaucoup plus vite. On est cependant parvenu, depuis quelque temps, à fabriquer des modèles dont l'intensité peut s'élever jusqu'à 100 bougies et qui peuvent par suite rivaliser avec l'arc électrique, sans qu'elles présentent une durée inférieure à celle des lampes ordinaires. Telles sont les lampes Clarke, Chapman

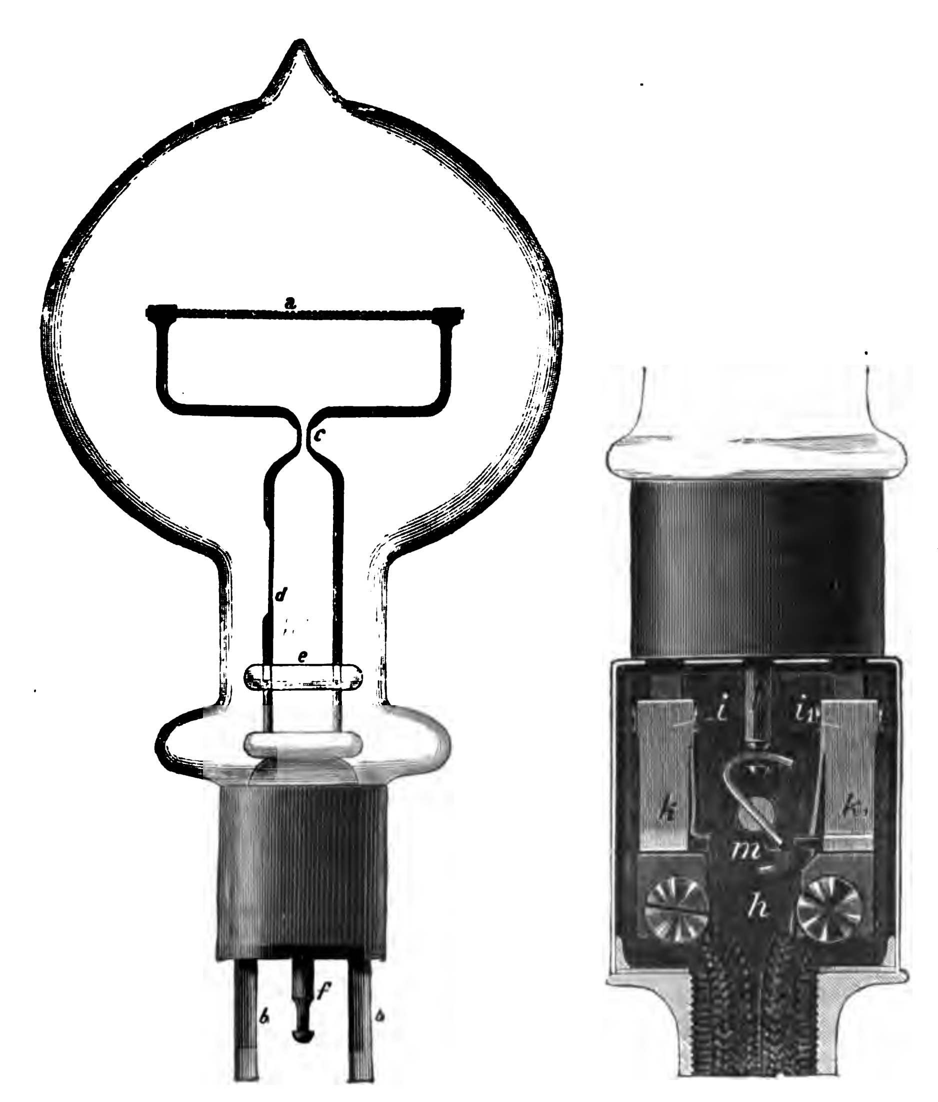


Fig. 496. — Lampe Bernstein et son support.

et Parsons, actuellement employées au théâtre du Châtelet et la « Sunbeam Lamp » de MM. Woodhouse et Rawson (fig. 497), qui peut donner de 200 à 1500 bougies.

Lampes portatives. — Pour compléter l'énumération des divers types d'éclairage électrique, il nous faut signaler encore des appareils comprenant une lampe à incandescence de puissance variable et une source capable de l'actionner pendant un certain temps; cette source peut être d'ailleurs une pile ou un accumulateur. Ces lampes portatives affectent des formes différentes suivant les divers usages auxquels elles sont destinées.

Quelques constructeurs fabriquent des lampes de ce genre destinées à l'éclairage des ap-

partements ; elles affectent la forme d'une lampe ordinaire (fig. 498), dont le pied contient la source d'électricité, pile ou accumulateur ; le plus souvent c'est une pile au bichromate. Le socle contient huit compartiments isolés renfermant le liquide : à la partie supérieure est suspendue une plaque isolante portant les zincs et les charbons reliés en tension. Il suffit de faire faire à la clef un certain nombre de tours pour allumer la lampe en plongeant les lames dans le liquide ; on les enfonce plus ou moins, afin d'avoir l'intensité voulue.
pareils contiennent d'ordinaire 2 à 3 l
liquide et peuvent servir 4 ou 5 heure
devons déclarer cependant que, mal
simplicité apparente, ils ne nous sem
fournir une solution pratique de l'é
privé, car ils présentent un assez gran
bre d'inconvénients : outre leur prix é
nécessité de changer le liquide tous le
le poids des appareils, le danger ré
d'une chute ou d'un renversement, n



Fig. 497. — Lampe Sunbeam.



Fig. 498. — Lampe électrique p

raissent de trop graves défauts pour qu'on puisse songer à éclairer un appartement par ce procédé.

Lampes portatives de sûreté. — Si les lampes portatives nous paraissent absolument impropres à un éclairage régulier, il faut ajouter qu'elles conviennent au contraire très bien dans quelques cas particuliers, lorsqu'on n'a besoin de lumière que pendant un temps assez court ou lorsque l'éclairage électrique présente des avantages particuliers. Il se présente chaque jour, même dans les usages domestiques, une foule de cas où il est précieux d'avoir une source de lumière qui n'expose à aucun danger d'incendie. Tel est l'avantage des lamp
sûreté de M. Trouvé. La figure 499 repré
une lampe qui s'allume spontanément
on la prend par la poignée. La boîte D con
une pile au bichromate de potasse don
plaques de zinc et de charbon sont suspend
au couvercle. Dans la position actuelle
plaques plongent dans le liquide et la pile
tionne la lampe à incandescence, qui est
au couvercle C. Le couvercle de la boîte p
une tige verticale qui traverse celle-ci d
toute sa hauteur et se termine au bas par
plaque ronde G. Dès qu'on pose la lampe
une table, elle vient s'appuyer sur la plaque

ge verticale repousse le couvercle, qui re-
ite jusqu'au haut de l'appareil et fait sortir
nême temps les zincs et les charbons du
ide. Dès qu'on saisit l'appareil par la poi-
e et qu'on le soulève, la plaque G devient
e, le couvercle s'abaisse et les éléments
escendent. Une double enveloppe de cristal
ne sorte de lanterne métallique protègent la lampe à incandescence. Une série de tiges métalliques pendent librement autour du cylindre D; si le vase s'incline d'un côté, il y a toujours une de ces tiges qui vient s'appuyer sur la table et l'empêche de tomber.

Le modèle représenté par la figure 500 s'allume au contraire quand on le pose sur sa base ou qu'on le suspend à l'aide de la poignée J ou

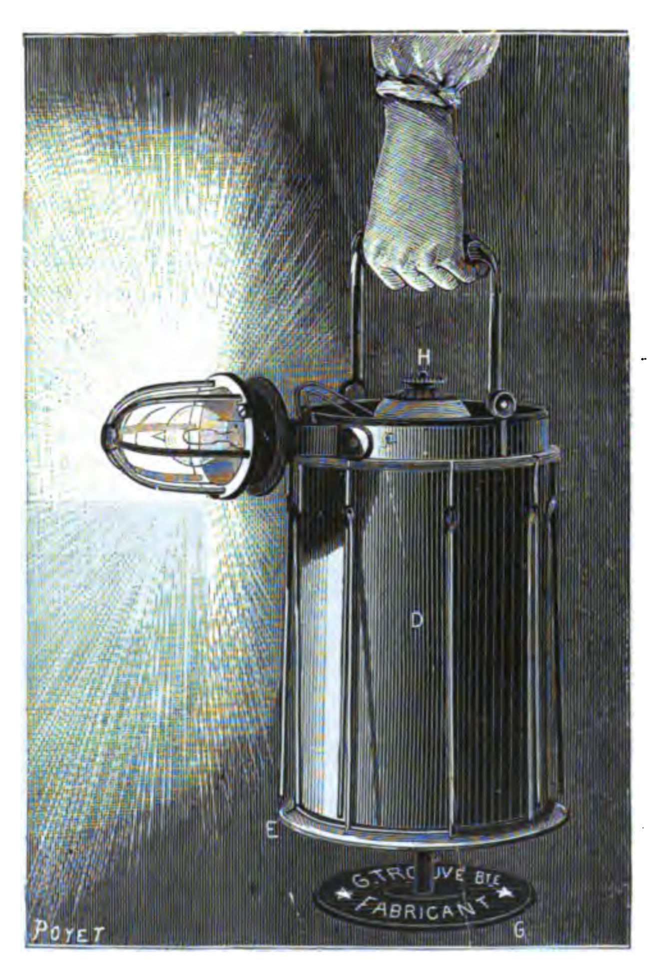


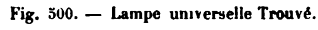
Fig. 499. — Lampe portative de sûreté.

le la courroie AB, attachées toutes deux sur la
ande C, qui forme le haut de la caisse conte-
iant les piles ; si l'on saisit l'appareil ou qu'on
'accroche par la poignée F qui est fixée au
couvercle, celui-ci remonte, les éléments sor-
ent du liquide et la lampe s'éteint. Cette disposition permet de porter la lampe à la main pendant un certain temps sans qu'elle s'allume, ce qui n'est pas possible avec le premier modèle. D'ailleurs, ce dernier convient plutôt aux besoins industriels; c'est celui qui a été adopté par les sapeurs-pompiers de Paris. Le premier se prête parfaitement aux usages domestiques: il peut remplacer avec avantage les bougeoirs, les lanternes et les petites lampes à essence minérale dont l'emploi est si dangereux : la lampe électrique, au contraire, éclaire beaucoup mieux et donne toute sécurité. Elle est donc d'une utilité incontestable pour la recherche des fuites de gaz et chaque fois qu'on veut

pénétrer dans une cave, un grenier ou tout autre lieu pouvant contenir des matières inflammables. Ces lampes peuvent fournir 15 bougies-heure, c'est-à-dire l'intensité de 1 bougie pendant 15 heures ou de 3 bougies pendant 5 heures.

La pile au bichromate convient bien aux appareils précédents, qui ne doivent pas fournir de la lumière pendant un temps bien long et dont la disposition permet de retirer facilement les éléments du liquide. On peut cependant employer aussi dans les intruments de ce genre des accumulateurs; la lumière s'obtient alors facilement en touchant un bouton au un commutateur, mais il ne nous semble pas très commode d'avoir à charger des accumulateurs pour un appareil qu'on n'utilise que rarement. La figure 501 représente une lampe de ce genre :




Fig. 500. — Lampe universelle Trouvé.

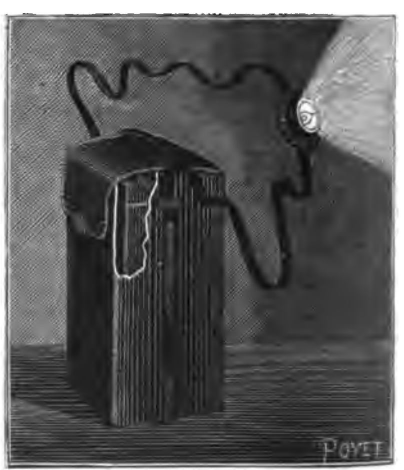


Fig. 501. — Lanterne électrique portative.

elle est fixée à une courroie que suivent les conducteurs, et alimentée par des accumulateurs contenus dans une sacoche qu'on peut facilement porter en bandoulière.

Enfin nous indiquons à l'article Éclairage un certain nombre de modèles de lampes destinés à des cas particuliers.

LAMPE-TÉMOIN. — Lampe à incandescence placée près de la machine ou du tableau de distribution et indiquant par son fonctionnement les manœuvres à effectuer pour régulariser le courant.

LANTERNE ÉLECTRIQUE. — Voy. Lampe portative.

LANTERNE MAGIQUE AUTOMATIQUE. — On donne ce nom à des appareils installés dans les rues de Paris et dans lesquels on voit des dessins éclairés à la lumière électrique, lorsque l'on met dix centimes dans une fente destinée à cet usage.

s colonnes portent, à la partie antérieure, 'itre permettant de regarder ce qui se : en dedans. Dans l'état ordinaire on ne ·ien, tant l'intérieur est obscur. Mais, aus-que la pièce règlementaire est lancée, un nisme fort simple joue, et une lampe à in-ence alimentée par un accumulateur ıme.

on regarde de nouveau, on voit se dérou-ıutomatiquement une série de photogra-s éclairées à la lumière électrique et re-entant les événements ou les hommes du .

ıNE (Électromètre de). — Voy. Bouteille .ane.

ıPIN. — Terme technique populaire par el on désigne une plaque métallique ou :*nt* qui, dans certaines sonneries, est déclen-: au moment où l'électro-aimant attire son ature et fournit une trace visible de l'appel.

ıRYNGOSCOPE ÉLECTRIQUE. — Le laryn-:ope est formé d'un miroir plan, incliné de ın à donner une image virtuelle du larynx, ée en face de l'observateur. Pour que cette ge soit visible, il faut, à l'aide du même mi-, éclairer fortement l'organe étudié. Dans ıryngoscope électrique de M. Chardin, cet ıirage est produit par une petite lampe à ındescence, placée à une distance variable ıvant du miroir (fig. 502).

ENZ (Loi de). — Voy. Induction.

EVIER-AIGUILLEUR. — Organe du télé-phe multiple de Baudot (Voy. Télégraphe).

ıICHTENBERG (Figures de). — Voy. Figures.

ıIGATURE. — Mode de raccordement de ıx fils (Voy. Ligne et Conducteur).

ıIGNE. — Conducteur isolé d'une grande gueur, reliant deux appareils électriques ignés, par exemple deux postes télégraphi-ıs ou téléphoniques, deux dynamos servant ne de génératrice, l'autre de réceptrice, etc. s lignes sont aériennes, souterraines ou ıs-marines; mais on donne plus plus spécia-nent ce nom aux conducteurs aériens. Le :teur trouvera au mot Canalisation ce qui est .atif aux lignes souterraines, au mot Cable qui concerne les lignes sous-marines, enfin x mots Fil et Conducteur un certain nombre renseignements généraux.

Les lignes aériennes sont formées générale-ent de fil de fer galvanisé ou de bronze sili-eux ou phosphoreux. Ces derniers métaux ınt plus conducteurs et permettent de dimi-ıer le diamètre des fils et aussi d'écarter da-ıntage les supports, ce qui est préférable au point de vue de l'économie et de l'isolement. Lorsqu'on fait usage de fils de fer, on emploie des fils de 3 ou 4 millimètres de diamètre pour les petites lignes, et de 5 millimètres pour les lignes plus longues. Dans les montagnes, on se

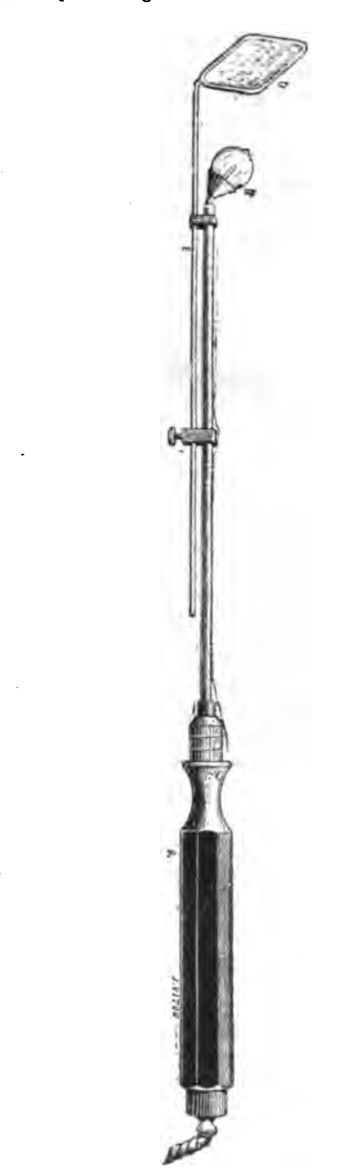


Fig. 502. — Laryngoscope électrique de M. Chardin.

sert de fils d'acier de 5 à 6 millimètres, qui ne suffisent même pas toujours pour empêcher les ruptures occasionnées par la neige. Les fils de 4 millimètres peuvent être remplacés par des fils en bronze silicieux de 2 millimètres.

Le *piquetage* de la ligne consiste à détermi-ner la nature et l'emplacement des divers ap-

puis. Quand le tracé est arrêté, un des agents principaux se rend sur le terrain, fait mesurer la distance à laisser entre les appuis, et creuser un trou à la place exacte de chacun d'eux. On expédie ensuite le matériel, par chemin de fer, si l'on doit suivre une voie ferrée, par voitures si l'on suit une route. Après ces opérations préliminaires, on plante les poteaux (Voy. ce mot). Les lignes suivent généralement une route ou une voie ferrée. Lorsque la route fait de nombreux lacets, la ligne peut couper en ligne droite, mais cette disposition rend la surveillance et l'entretien plus difficiles. Sous les ponts, les isolateurs se fixent directement à la voûte de pierre. Lorsqu'une voie ferrée traverse un tunnel humide, on peut r- le fil par un câble ; mais il vaut mi- passer le fil à l'extérieur. Sur les voi- les poteaux se plantent à 1,50 m. au rails, sur les talus latéraux, et les fils à une hauteur minimum de 2 mètr- hauteur est élevée à 3 mètres le lon- tes, à 4,50 m. mètres pour la travers- tes, et à 5 ou 6 mètres dans les villes.

Les fils de fer sont livrés par l'ind- couronnes de 60 centimètres de diam- rieur, contenant une longueur de fil q- suivant le diamètre du conducteur, et 270 mètres. Les couronnes destin- mer une même ligne doivent être r-



Fig. 503. — Ligature.

soigneusement, de façon que les joints soient solides et n'augmentent pas la résistance électrique. On se sert pour cela, en France, de manchons en fer galvanisé, dont la grosseur est appropriée au diamètre du fil. Les extrémités des deux fils sont introduites dans le manchon, recourbées de part et d'autre à angle droit, et noyées dans la soudure. Ce procédé a l'inconvénient d'exiger un matériel assez encombrant, mais il donne des joints très supérieurs pour la conductibilité à ceux des anciens procédés.

On fait cependant encore usage, d- tains pays, de la *ligature française*, dans les deux conducteurs sont juxtap- serrés fortement avec du fil plus fin fil à ligatures (fig. 503), ou de la *tors-* consiste à enrouler plusieurs fois ch- conducteurs autour de l'autre (fig. 5- procédés ne servent plus en France qu- télégraphie militaire, qui doit natur- éviter tout matériel encombrant.

On doit se préoccuper aussi de don-

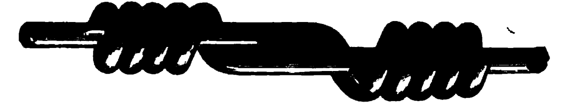


Fig. 504. — Torsade.

ligne une tension convenable. En France, on employait autrefois pour cet usage des *tendeurs*, analogues aux petits treuils employés sous le nom de raidisseurs pour tendre les fils le long des clôtures ou des espaliers. Cette disposition avait l'inconvénient de faire écailler la couche de zinc qui protège le fer, et par suite, de faciliter la production de la rouille, ce qui pouvait donner un mauvais contact. Il a paru préférable de renoncer à ces appareils et d'obtenir la tension directement, soit à la main, soit avec des mâchoires à tendre. On opère ce réglage à peu près tous les 400 m., et, dès qu'il est terminé, on fixe le fil aux isolateurs à l'aide de fil à ligatures. On emploie encore les t- dans certains pays ; on en met un par k-

Remarquons enfin qu'on doit donne- série de fils parallèles un écart suffis- qu'ils ne puissent se toucher, et qu'on régler à une tension moyenne, telle qu'i- sent se dilater librement en été et se co- en hiver.

MM. Lazare Weiller et Cie, d'Angoulêm- connus pour la fabrication du bronze si- ont exposé en 1889 un matériel très co- pour la construction des lignes. Nous o- un certain nombre des outils qui le com-

La pince universelle de M. J.-B. Gi-

:, peut servir à une foule d'usages, car ıvaille en
ımme pince ordinaire à joues lisses.
ımme tenaille pour fils faibles ;
ımme pince tranchante pour gros fils ;
ımme pince pour tendre le fil à l'aide de ıu ;
ımme clef servant à visser et dévisser ;es d'isolateurs.
ımme clef à écrous.
ımme tourne-vis (deux grandeurs) ;
ımme lime (face et côtés).

La figure 505 montre cette pince dans ses divers usages : dans le premier dessin, un fil est maintenu par la tenaille *b*; sur le second, un fil est serré dans la clef *e* et un écrou dans la clef *f*; l'anneau est au-dessous; sur le troisième, le fil est coupé en *c*. On voit ensuite un fil serré en *d*, et fixé par une corde qu'on passe autour de lui et de l'anneau de tension, et que l'on tend en l'enroulant autour d'un support. La figure 506 montre une pince tranchante à cou raccourci, imaginée par M. Pacher, et qui permet de couper sans effort des fils très gros.

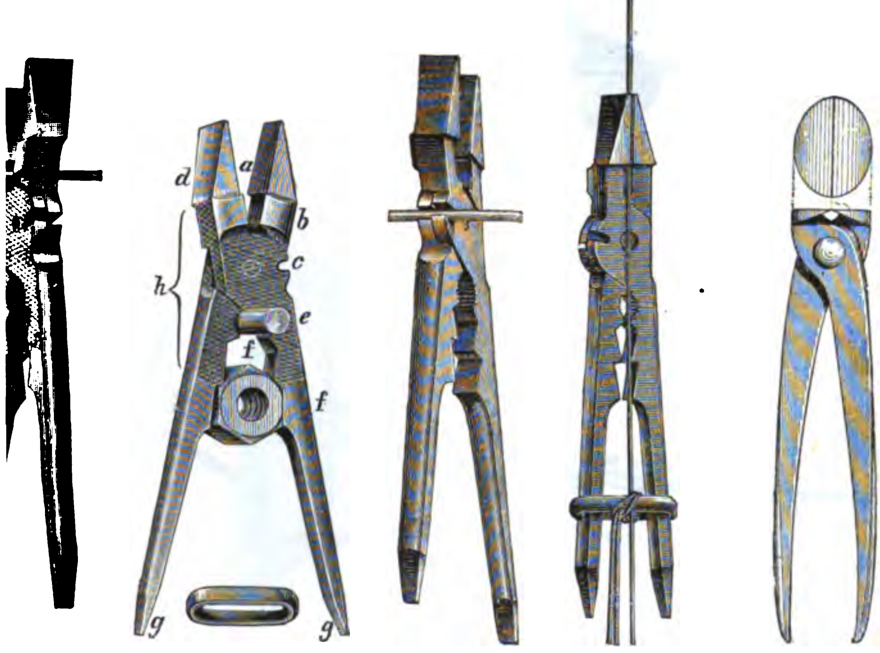


Fig. 505. — Pince universelle de Grief.

Fig. 506. — Pince de M. J. Pacher.

remière pince est représentée au 1/3 et la nde au 1/5 de la grandeur naturelle.

tendeur dynamométrique Hœnigshmidt 507) sert à donner exactement aux fils le ·é de tension nécessaire pour la pose. Le serré entre deux mâchoires qu'on voit en ıe sur la gauche, est tendu par la corde *ab*, passe sur une petite poulie placée près de ıoignée. Les articulations de la branche mo- : sont disposées de sorte que le fil se trouve ré de plus en plus, à mesure que la tension ;mente. La figure montre encore deux modi- .tions de l'appareil; dans la dernière la ten- n est produite par une courroie à boucle. fin, si l'on veut mesurer exactement la ten- n donnée au fil, tension qui ne doit pas dépasser le cinquième ou le quart de la charge de rupture, on emploie le modèle (fig. 508), qui est muni d'une graduation.

L'appareil suivant, imaginé aussi par M. Grief (fig. 509), permet de raccorder facilement deux fils; c'est une fourche à ressort dont chaque branche est munie d'une pince s'ouvrant parallèlement à l'aide d'une vis à oreilles, représentée à part. Cette fourche se fixe sur un poteau ou sur un arbre, avec une corde et une pièce de bois triangulaire. Elle maintient fixes les deux fils pendant qu'on les raccorde; elle évite toute flexion et torsion nuisibles, et permet d'obtenir un joint très solide. La figure 510 montre le mode d'emploi de ce petit appareil, pendant la confection des joints.

Les fils sont raccordés par torsion ou à l'aide d'un manchon suivant leur grosseur.

Lignes télégraphiques militaires. — Ces lignes doivent être construites vite et économiquement. On les établit en ligne droite et en choisissant le terrain qui offre le plus de sup-

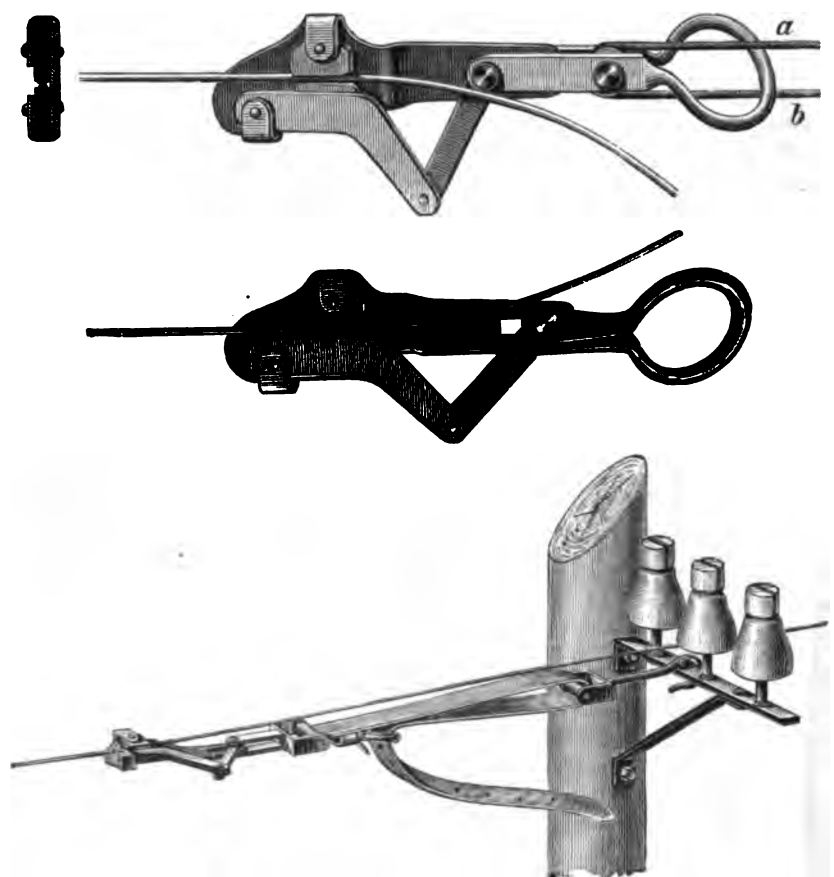


Fig. 507. — Tendeur Hœnigshmidt.

ports naturels. Le conducteur pouvant être parfois abandonné sur le sol, on se sert ordinairement de câbles à sept brins de cuivre de 0,4 mm., tordus ensemble et noyés dans la gutta-percha; le tout est recouvert d'une enveloppe formée de cordelettes trempées dans le goudron. Ce câble est enroulé sur des bobines à joues de tôle, qu'on place par deux sur un



Fig. 508. — Tendeur dynamométrique.

axe en fer à l'arrière des voitures de service télégraphique militaire. Le câble se déroule par son poids. Dans les endroits impraticables aux voitures, on se sert d'une brouette en fer pesant 60 kilogr. (fig. 511).

Quand on ne rencontre pas de supports naturels, on se sert de *perches* doubles ou triples, formées de tubes en fer rentrant les uns dans les autres, et se fixant au moyen de colliers et de vis de serrage. L'extrémité supérieure porte

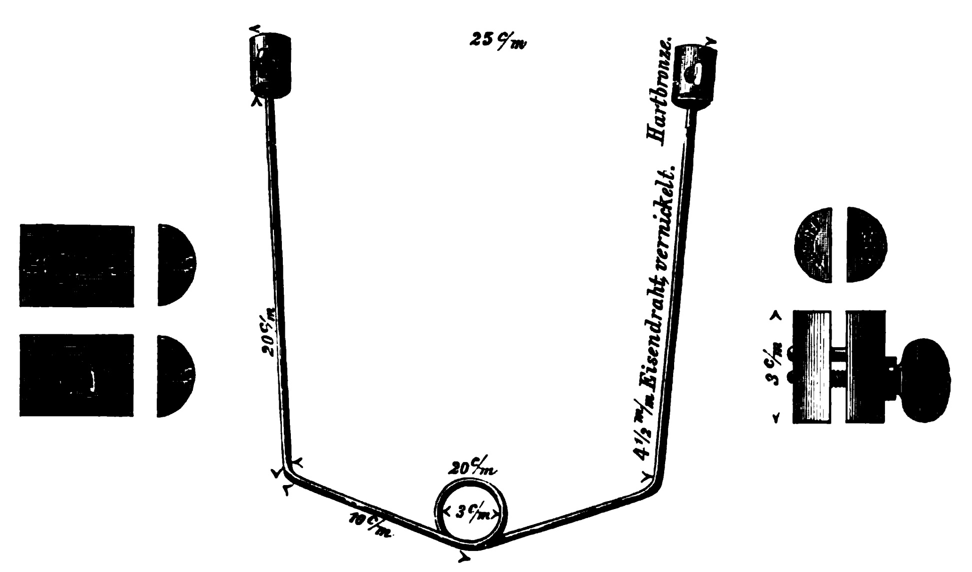


Fig. 509. — Fourche de M. Grief de Vienne.

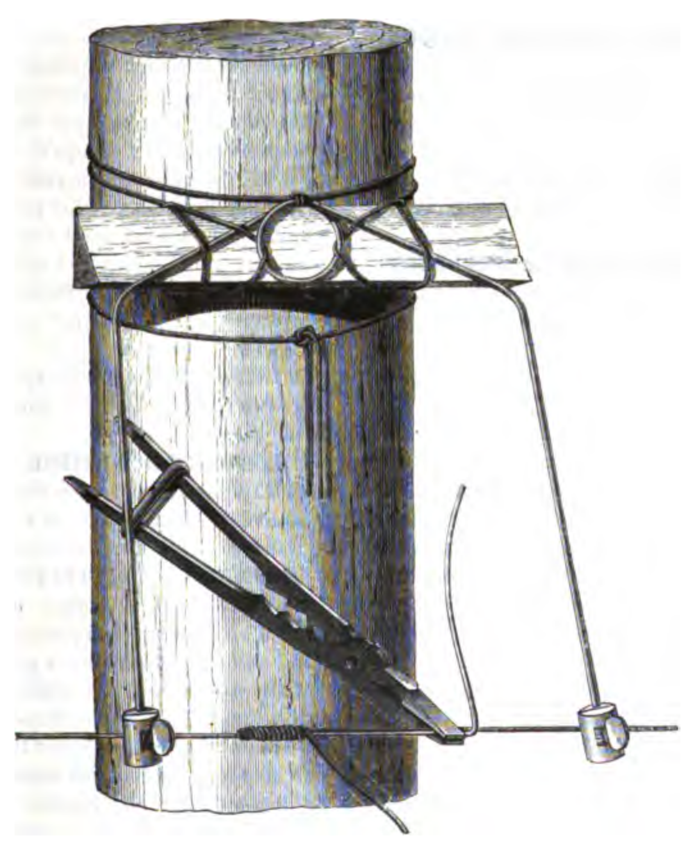


Fig. 510. — Emploi de la fourche à ressort.

un isolateur (Voy. ce mot) en ébonite, qui n'est pas indispensable si l'on se sert de câbles isolés, mais qui permet de les fixer plus rapidement et d'une façon plus solide.

La télégraphie militaire fait aussi usage de lignes souterraines construites d'avance. A l'exemple de l'Allemagne, un certain nombre de ces lignes ont été établies depuis 1880 (Voy. colonel Gun, l'*Électricité appliquée à l'art militaire*).

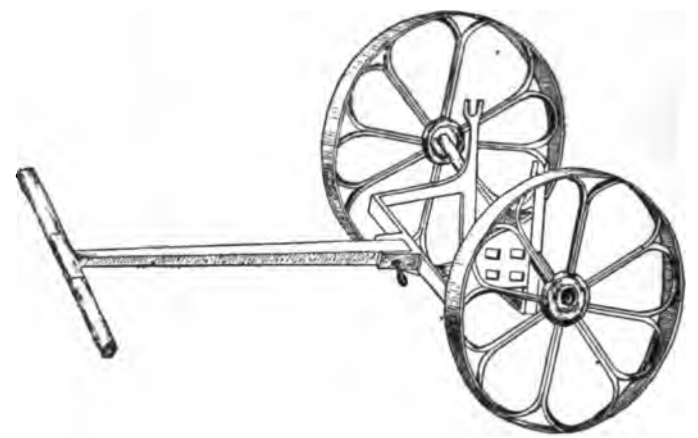


Fig. 511. — Brouette à dérouler les câbles.

LIGNE AGONIQUE, ISOCLINE, ISOGONIQUE, etc. — Voy. Agonique, Isocline, etc.

LIGNE DE FOI. — Droite tracée sur une boussole (Voy. ce mot) et indiquant la direction de l'axe du navire.

LIGNE DE FORCE. — Voy. Champ et Force.

LIGNE NEUTRE. — Voy. Aimant et Influence électrique.

LIGNE TÉLÉGRAPHIQUE ou TÉLÉPHONIQUE. — Voy. Ligne, Télégraphe et Téléphone.

LOBE ÉLECTRIQUE. — Matteucci désigne ainsi, chez les poissons électriques, le lobe postérieur du cerveau, dont l'excitation produit des décharges.

LOCAL. — Cet adjectif sert à désigner un circuit de petites dimensions ou une pile placés en un point, par opposition à un circuit beaucoup plus étendu ou à la pile qui envoie un courant dans ce circuit. En télégraphie, *transmettre* ou *recevoir en local*, signifie relier directement le récepteur, le manipulateur et la pile du même poste, en les séparant de la ligne, et en transmettant du manipulateur au récepteur de ce même poste ; cette disposition sert à rechercher les dérangements.

LOCH ÉLECTRIQUE. — Les lochs électriques sont des compteurs de tours actionnés par une hélice ou un moulinet. Le loch de M. Le Goarant de Tromelin est formé d'une hélice dont l'axe porte une languette de cuivre, qui vient, à chaque révolution, rencontrer un fil métallique, et fermer un circuit contenant une pile et un compteur analogue au récepteur des télégraphes à cadran. Les deux fils isolés qui constituent le circuit sont contenus dans le câble qui soutient l'appareil. Il n'est pas nécessaire que l'interrupteur soit enfermé dans une boîte parfaitement étanche ; lorsqu'il est au contact de l'eau, il existe encore, suivant que le circuit est fermé par l'eau ou par les pièces métalliques, une différence d'intensité suffisante pour assurer le fonctionnement de l'appareil.

Dans le loch de M. Fleuriais, l'hélice est remplacée par un moulinet analogue à celui de Robinson.

On détermine par des expériences préliminaires la relation entre le nombre de tours et la vitesse du navire.

LOCOMOBILE A LUMIÈRE. — Appareil servant à l'éclairage (Voy. ce mot) des opérations militaires, agricoles, etc., et à la production des signaux de télégraphie optique.

LOCOMOTIVE ÉLECTRIQUE. — Il est évident qu'on peut actionner une locomotive à l'aide d'un moteur électrique, qui recevra le courant, soit d'accumulateurs placés sur la locomotive elle-même, soit d'une dynamo placée en un point de la ligne ; dans ce dernier cas, les conducteurs qui amènent le courant peuvent être disposés de diverses manières. En réalité, les locomotives électriques actuellement en service ne desservent que des lignes de quelques kilomètres ; ce sont plutôt des tramways que des chemins de fer ; nous les renverrons donc au mot Tramway.

MM. Marcel Deprez et Maurice Leblanc ont combiné, pour le chemin de fer métropolitain de Paris, un projet de locomotive électrique devant donner une vitesse de 30 kilomètres à l'heure (arrêts et démarrage compris), la ligne pouvant comporter des courbes de 150 m. de rayon et des rampes de 0,02 m. par mètre. Le moteur pèse 13 tonnes et communique directement son mouvement aux roues par une bielle. Des roues électro-magnétiques augmentent l'adhérence sur les rails. Le courant serait produit par des dynamos de 5000 volts et envoyé aux locomotives par des conducteurs de 13,2 millimètres carrés de section. En supposant une distance maxima de 15 kilomètres, le rendement serait de 50 p. 100.

Les *Rhode Island Locomotive Works* ont construit en 1887 une locomotive électrique à six roues de 1,75 m. de diamètre, munie de deux moteurs accouplés d'une puissance de 670 chevaux. Elle est établie pour la même largeur de voie que les locomotives ordinaires. C'est la plus grande locomotive électrique existant actuellement.

LOIS ÉLECTRIQUES ET MAGNÉTIQUES. — Les énoncés des principales lois de l'électricité et du magnétisme sont joints à l'étude des phénomènes auxquels elles se rapportent. Ainsi le lecteur trouvera les lois de Coulomb au mot ACTIONS, celles d'Ohm au mot COURANT, celles de Kirchhoff au mot COURANTS DÉRIVÉS, celle de Faraday au mot ÉLECTROLYSE, etc.

LONGUEUR RÉDUITE. — On nomme longueur réduite d'un conducteur, homogène ou non, la longueur d'un fil type, de nature et de section bien déterminées, qui aurait exactement la même résistance que ce conducteur. On prend souvent le fil type de section 1. Si k est sa résistance spécifique, la longueur réduite l d'un conducteur hétérogène comprenant des fils de longueur l_1, l_2, l_3, ayant des sections s_1, s_2, s_3, et des résistances spécifiques k_1, k_2, k_3 sera donné par

$$kl = k_1 \frac{l_1}{s_1} + k_2 \frac{l_2}{s_2} + k_3 \frac{l_3}{s_3} + \ldots..$$

LUEUR ÉLECTRIQUE. — On donne ce nom à l'une des formes de la décharge disruptive, celle qui se produit dans les gaz raréfiés. La lueur semble toujours partir du pôle positif; le pôle négatif est entouré d'une auréole violette, suivie d'un espace plus obscur. Dans l'hydrogène et les gaz combustibles, les lueurs présentent des *stratifications* (Voy. ce mot). Au spectroscope, les lueurs présentent seulement les raies du gaz porté à l'incandescence et non celles du métal ou des métaux qui forment les électrodes, comme cela a lieu pour l'étincelle.

LUMIÈRE ÉLECTRIQUE. — La lumière électrique peut être produite par un conducteur de petit diamètre porté à une haute température (incandescence) ou par l'arc voltaïque. On trouvera à ces deux mots les notions générales, au mot LAMPE la description des principaux modèles de lampes à arc et de lampes à incandescence, et au mot ÉCLAIRAGE les principales applications. Les autres se trouvent à leur ordre alphabétique.

LUMIÈRE (THÉORIE ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE DE LA). — Théorie imaginée par Clerk Maxwell et d'après laquelle :

L'induction électro-magnétique se propage à travers l'espace par les déformations ou vibrations du même éther qui transmet les vibrations lumineuses : en d'autres termes, la lumière n'est qu'un ébranlement électro-magnétique.

Différentes vérifications expérimentales appuient cette théorie. Ainsi les vitesses dans l'air de la lumière et de l'induction électro-magnétique sont sensiblement égales. Une autre vérification consisterait dans ce fait que l'indice de réfraction d'un milieu transparent serait égal à la racine carrée de son pouvoir inducteur spécifique. Sur ce point, l'accord n'est pas encore parfaitement satisfaisant, ce qui tient peut-être à ce que les valeurs des pouvoirs inducteurs ne sont pas déterminées avec une précision suffisante.

« L'accord observé est assez complet pour nous donner bon espoir que, quelque jour, les discordances seront expliquées et éliminées ; en attendant, l'accord complet des vitesses de la lumière et de l'induction électro-magnétique dans l'air et dans les gaz, et les nombreuses relations directes qui existent entre la lumière et l'électricité ne nous laissent guère douter qu'il n'y ait entre ces agents un lien étroit, et que leurs effets ne soient que deux formes de cette énergie commune, de nature inconnue, qui se retrouve certainement sous tous les phénomènes physiques. » (Gordon, *Traité d'électricité.*)

M

MACHINE A BATTRE ÉLECTRIQUE. — Application de la transmission de l'énergie, faite à Chassart, près Fleurus (Hainaut) en 1889, chez MM. Dumont. La source d'électricité consistait en une dynamo placée dans l'un des vastes bâtiments de l'usine agricole de Chassart, qui comprend sucrerie, distillerie, etc., et commandée par une machine horizontale du système Hoyos. Un fil de cuivre de 6 millimètres de diamètre, recouvert d'un enduit isolant et placé sur des poteaux, amenait le courant à la dynamo réceptrice, située en pleine ca… à 800 mètres des bâtiments, et qui a… une machine à battre à grand travail … somes et Cie, à laquelle elle était r… une courroie sans fin. La génératrice … environ 16 chevaux-vapeur et en tr… 10 à la réceptrice.

MACHINE A COUDRE ÉLECTRIQUE. — … chine à coudre mue par un moteur … (application de la transmission de l'… Le modèle représenté (fig. 512) … d'une machine à coudre ordinaire, d'un système quelconque, actionnée par un petit moteur électrique, placé au-dessous de la table, de manière à ne pas gêner la mécanicienne. Ce moteur, qui est relié avec la source électrique, transmet le mouvement, par une courr… cuir, à l'axe de la machine. Un r… assujetti également sous la table, et … comme l'électromoteur, dans une ca… bois, permet d'adapter la machine aux



Fig. 512. — Machine à coudre électrique.

es de travaux, et lui donne une rapidité reilleuse. C'est la pédale qui sert d'interrup- : la mécanicienne tient le pied appuyé sur pièce, et met la machine en marche ou ète instantanément en enfonçant un peu la te du pied ou en abaissant le talon. Comme l'avons dit, cette disposition peut s'a- er à une machine quelconque sans lui subir aucun changement.

ACHINE D'INDUCTION. — Machine pro- ant des courants induits par le déplace- it de bobines dans un champ magnétique. appareils qui produisent ces courants par ation du champ magnétique sont appelés bobines d'induction (Voy. ce mot). Les machines d'induction transforment en électricité l'énergie dépensée pour faire tourner l'induit malgré les forces électriques; elles sont réversibles.

Les machines d'induction comprennent toujours un *inducteur*, destiné à produire le champ magnétique, un *induit*, qui tourne dans ce champ et dans lequel se produit le courant utilisé, un *collecteur*, qui recueille les courants induits, et les redresse si c'est nécessaire. Les unes donnent des courants alternatifs, les autres un courant continu.

On nomme machines *magnéto-électriques* celles

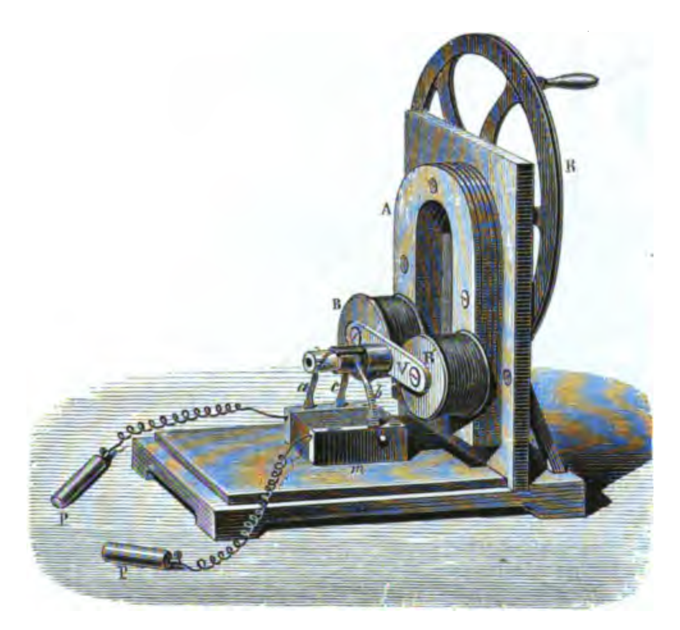


Fig. 513. — Machine de Clarke.

nt le champ est produit par des aimants per- nents, machines *dynamo-électriques* celles ns lesquelles il est dû à un ou plusieurs ectro-aimants.

Machines magnéto-électriques. — La pre- ière machine magnéto-électrique, imaginée ir Pixii en 1832, fut bientôt remplacée par lle de Saxton, qui en diffère en ce que l'ai- ant est fixe et la bobine mobile, contraire- ient à ce qui avait lieu dans la première, et ii fut bientôt perfectionnée par Clarke.

Machine de Clarke. — La machine de Clarke g. 513) se compose d'un aimant en forme d'U acé verticalement, devant les pôles duquel eux bobines accouplées tournent autour d'un xe horizontal.

Considérons l'une des deux bobines B (fig. 514) pendant une rotation entière. Quand elle est devant le pôle *a*, son noyau de fer doux est aimanté et présente un pôle sud du côté de l'aimant; il peut donc être assimilé à un solénoïde dont le courant tournerait de droite à gauche. Si la bobine s'éloigne de *a*, l'intensité magnétique de son noyau diminue, ce qui produit dans le fil un courant induit direct et tournant par conséquent de droite à gauche.

La rotation continuant, le noyau de fer doux se désaimante lorsqu'il est à égale distance des pôles *a* et *b*, et s'aimante ensuite en sens contraire; mais, l'intensité magnétique allant en croissant, le courant induit est inverse; il n'a

donc pas changé de sens (seconde position). Quand la bobine B passe devant le pôle *b*, son aimantation devient maximum et diminue en-

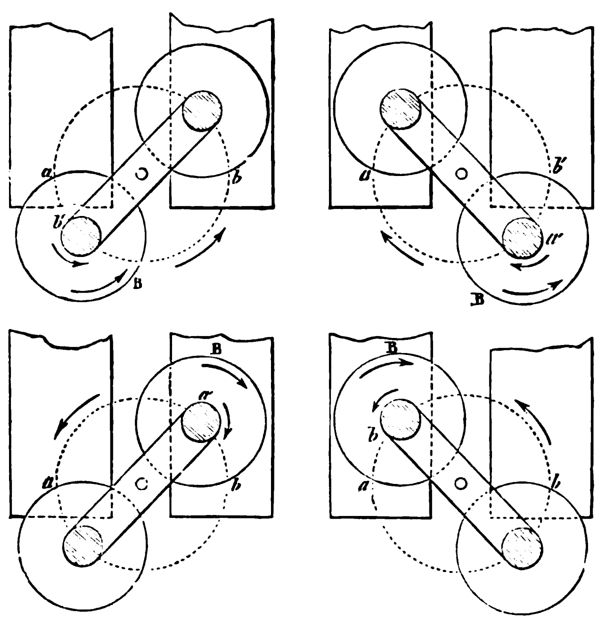


Fig. 514. — Théorie de la machine de Clarke.

suite ; le courant induit change donc de sens, comme le montre le troisième dessin, et il conserve ce sens (quatrième position) jusqu'en *a*. On verrait de même qu'il change de sens en ce point.

Le courant change donc de sens à chaque demi-tour, lorsque la bobine traverse la ligne *ab*. Mais l'appareil porte deux bobines qui tournent ensemble autour du centre, de sorte qu'il s'en trouve toujours une au-dessus de la ligne *ab* et l'autre au-dessous : elles sont donc toujours le siège de deux courants contraires. Pour recueillir ces courants, leurs fils sont enroulés en sens contraires et réunis par leurs extrémités : on peut donc comparer les bobines à deux éléments de pile associés par les pôles de même nom, mais chaque pôle changeant de signe à chaque demi-révolution.

La machine de Clarke fournit donc des courants alternatifs. Il est souvent utile de les redresser, ce qui se fait à l'aide d'un commutateur (fig. 515) : l'axe de rotation des bobines porte sur son prolongement un cylindre isolant J entouré par deux demi-anneaux *oo'* co... quant chacun avec l'un des pôles des b... Chacun de ces demi-anneaux représen... successivement le pôle posit... dant un demi-tour et le pôle ... pendant le même temps. De ... côté sont fixés deux ress... (fig. 513), qui s'appuient sur l... anneaux et communiquent ... tivement avec chacun d'eux p... une demi-révolution. Les d... neaux sont disposés de tell... que chacun d'eux abandonn... sort pour venir toucher l'au... moment même où le couran... de sens : il en résulte que ch... ressorts garde toujours le mê... et qu'il suffit de les réunir p... rhéophores pour obtenir un ... redressé et continu. Le r... représentera par exemple ... positif et *e* le pôle négatif. L... phores se fixent à l'extrém... plaques de cuivre *mn*.

On peut recueillir en mêm... l'extra-courant au moyen d... pièces métalliques *i* commu... avec les deux demi-viroles, ... cées sur un même diamètre du commu... L'une de ces pièces se voit (fig. 515). L'un ... ressort *a* (fig. 513) est rencontré success...

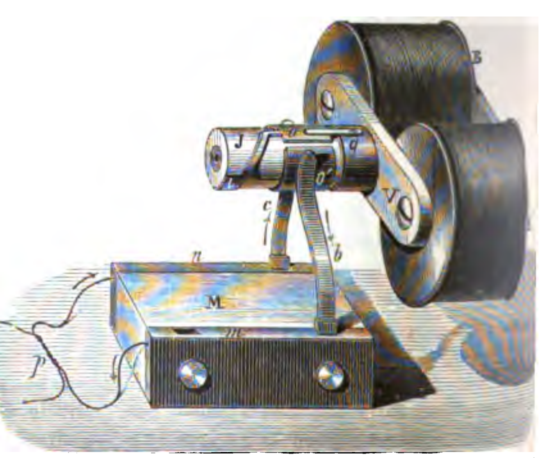


Fig. 515. — Commutateur.

par chacune de ces pièces au moment où ... courant induit a son maximum d'int... Il se forme alors un court circuit méta... *o'bianco*, et l'observateur qui tient les ... gnées PP reçoit l'extra-courant de ruptur...

ur les effets calorifiques et lumineux, on ›lace la bobine à fil long par une autre gros et court.

ıchine de l'Alliance. — La machine de Clarke amais eu d'applications industrielles, mais construit sur le même principe un cernombre de machines plus puissantes. Telle ı machine de l'Alliance, imaginée par Nollet 850, et perfectionnée par Van Malderen. faisceaux aimantés sont disposés en un le vertical, les pôles vers le centre (fig. 516); e ces pôles tourne un plateau portant à irconférence huit couples de bobines anaes à celles de la machine de Clarke. On peut augmenter la puissance en plaçant parallèlement un certain nombre de couronnes d'aimants, et en employant un nombre égal de plateaux garnis de bobines. Les bobines d'un même plateau sont montées en série ; celles des différents plateaux peuvent être réunies en série ou en quantité. Le courant change de sens chaque fois qu'une bobine passe devant un pôle, c'est-à-dire seize fois par tour, ce qui, à raison de 400 tours par minute, fait plus de 100 inversions par seconde. A l'origine un commutateur redressait tous ces courants; comme il s'usait rapidement par les étincelles, on le supprima.

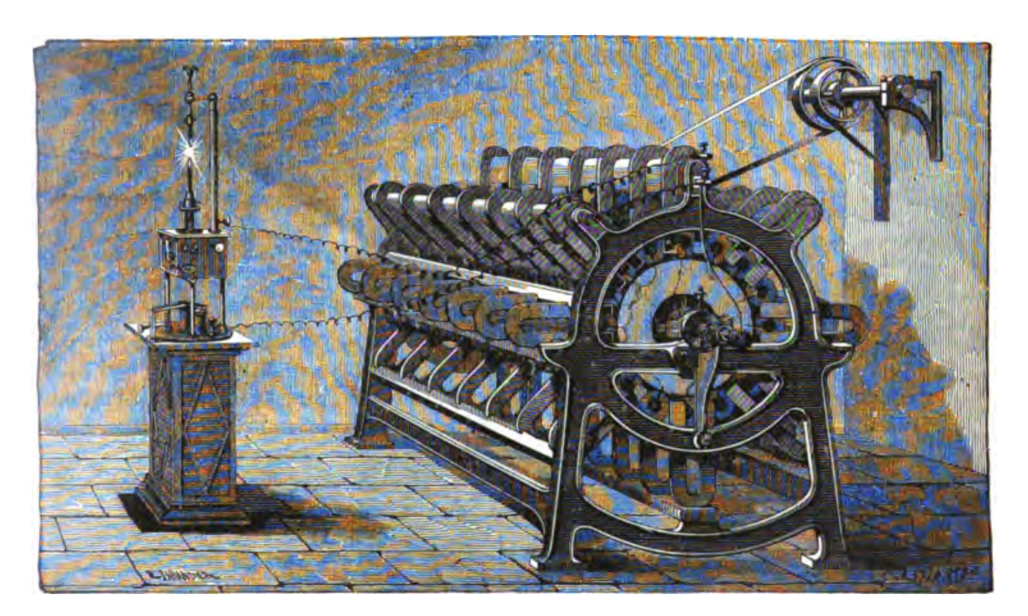


Fig. 516. — Machine de l'Alliance.

La machine de l'Alliance a été employée la ·emière à l'éclairage des phares ; les premiers hares électriques furent ceux de la Hève (1863); lle fut appliquée également au cap Gris-Nez, ux phares de Cronstadt, d'Odessa, etc. Elle ne e construit plus aujourd'hui.

La machine de Holmes, employée au phare e South-Foreland, est analogue à celle de Alliance.

Machine de Siemens. — En 1854, M. Siemens onna à l'induit des machines magnéto-électriques une forme qui permet d'obtenir des effets rès intenses et qui a été appliquée depuis à un grand nombre de machines.

Le noyau de l'induit est un cylindre de fer doux, évidé parallèlement à l'axe, de sorte que la section présente la forme d'un double T (fig. 517). Le fil est enroulé longitudinalement dans ces deux gorges, et recouvert de feuilles de laiton. Le tout forme un cylindre qui tourne entre les pôles d'une série d'aimants en U placés parallèlement. Ces pôles sont fixés à une série de pièces de fer doux SN, alésées de manière à embrasser très étroitement la bobine. Celle-ci se trouve donc placée dans un champ magnétique très intense, et les fils coupent les lignes de force à angle droit sur une grande partie de leur parcours, ce qui donne le maximum d'effet. Les portions cylindriques de fer doux forment deux pôles longitudinaux qui changent de signe à chaque demi-révolution. Le courant change de sens chaque fois que ces pièces

passent devant les pôles NS. La machine donne donc, comme celle de Clarke, des courants

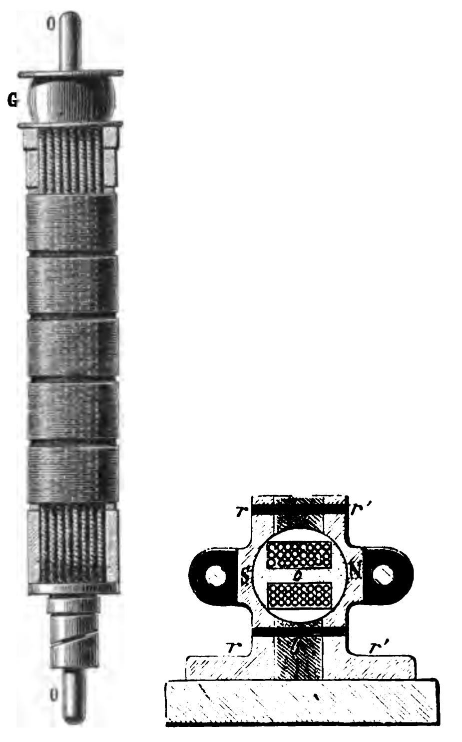


Fig. 517. — Armature de Siemens.

alternatifs. On peut les recueillir à l'aide de deux ressorts frottant l'un sur l'axe O, auquel est soudée l'une des extrémités du fil, l'autre sur une bague métallique isolée et r- l'autre extrémité. On peut aussi les red- l'aide d'un commutateur analogue à cel- machine de Clarke.

Machine de Gramme. — **M.** Gramme a i- en 1870 une forme de bobine qui est ap- également dans ses machines dynamo- ques. Supposons qu'on place entre les p- d'un aimant (fig. 518) un anneau de fer immobile, il s'aimantera par influence - dra un pôle sud en *d* et un pôle nor- Il est donc assimilable à deux solénoïd- circulaires réunis en *a* et *d* par leurs p- même nom.

Supposons de plus qu'on enroule au- cet anneau une petite bobine et qu'on l- glisser dans le sens des flèches. Quand - de *a* en *d*, elle parcourt une moitié de l'a- dans laquelle le sens de l'aimantation n- pas; mais, dans la première moitié de c- elle s'éloigne d'un pôle et donne par con- un courant direct; dans la seconde mo- s'approche de l'autre pôle et donne p- un courant inverse. Le courant induit s- donc et change de sens quand la bob- égale distance de *a* et de *d*. Au contrair- a pas de changement quand la bobi- en *d* : en effet, le courant induit, qui - verse, devient direct, mais l'aimant- changé de sens : le courant garde donc l- direction. Dans l'anneau de Gramme, l- de commutation est donc perpendicul- ligne AB.

En réalité, l'anneau de fer doux tourn-

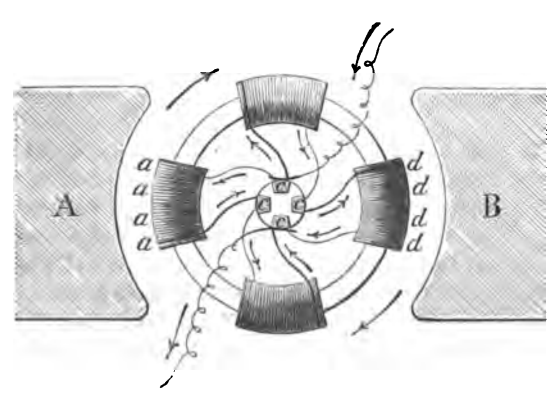


Fig. 518. — Théorie de l'anneau de Gramme.

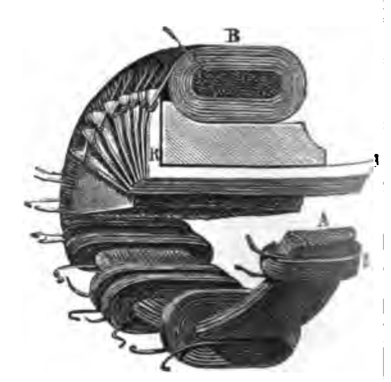


Fig. 519. — Construction de l'anneau de Gram-

même autour de son axe, ce qui ne change rien à l'explication, car les pôles *a* et *d* se déplacent dans l'anneau et restent fixes dans l'espace. Au lieu d'une seule bobine, il y en a un nombre suffisant pour recouvrir complètement l'anneau (fig. 519 et 521) : elles forment un circuit co- et fermé, que le diamètre vertical par- chaque instant en deux moitiés parcouru- des courants de sens contraires. L'anne- donc assimilable à deux éléments de pile r-

r les pôles de même nom; il suffit de fixer . rhéophores suivant le diamètre vertical pour tenir un courant continu.

Pour recueillir ce courant, on a disposé sur xe de rotation, qui est isolant, une enveloppe étallique, partagée, suivant des génératrices, autant de *touches* séparées qu'il y a de bo-nes. A chaque touche aboutissent la fin d'une bine et le commencement de la suivante. Sur *collecteur* (fig. 520) frottent, suivant le dia-ètre vertical, deux balais horizontaux qui ennent le courant. En réalité, ces balais doi-nt être inclinés d'un certain angle dans le ns de la rotation. Voy. BALAIS (CALAGE DES).

a figure 519 montre une bobine inachevée avec n collecteur R. L'anneau est formé de cercles fil de fer isolés, pour éviter les courants de oucault.

Dans la machine magnéto-électrique de

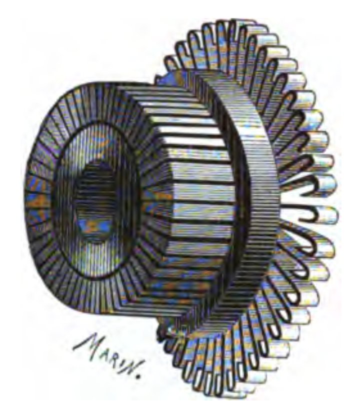


Fig. 520. — Collecteur de la machine Gramme.

Gramme (fig. 521), l'anneau que nous venons

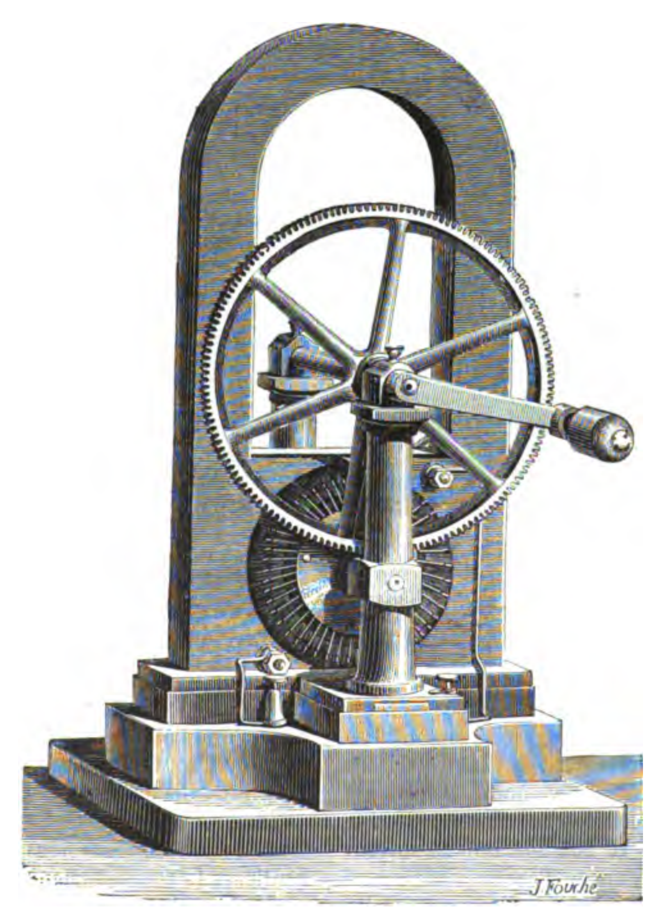


Fig. 521. — Machine magnéto-électrique de Gramme.

de décrire tourne entre deux pièces de fer doux alésées de manière à l'entourer exactement, et formant les pôles d'un aimant en U. Les bobines de l'anneau sont recouvertes alternativement

de coton clair et foncé. Il y en a trente en général. On emploie un anneau à gros fil pour les effets de quantité et un anneau à fil fin pour les effets de tension : on obtient une rotation très rapide à l'aide de deux roues dentées de diamètres très différents : il vaut mieux encore se servir d'un petit moteur à pédale. La force électromotrice est sensiblement proportionnelle à la vitesse. Cette machine équivaut à 6 ou 8 éléments Bunsen : elle est surtout employée dans les laboratoires, où elle permet d'exécuter l... expériences de cours, sauf l'arc voltaï...

Machine de Méritens. — La machine ... électrique de M. de Méritens est la ... soit encore employée dans l'industri... rieurement, elle ressemble à la ma... l'Alliance, mais les faisceaux aimant... d'agir par leurs faces latérales sur les ... des bobines, exercent leur action dir... en bout, sur le fer et sur le fil de ces ...

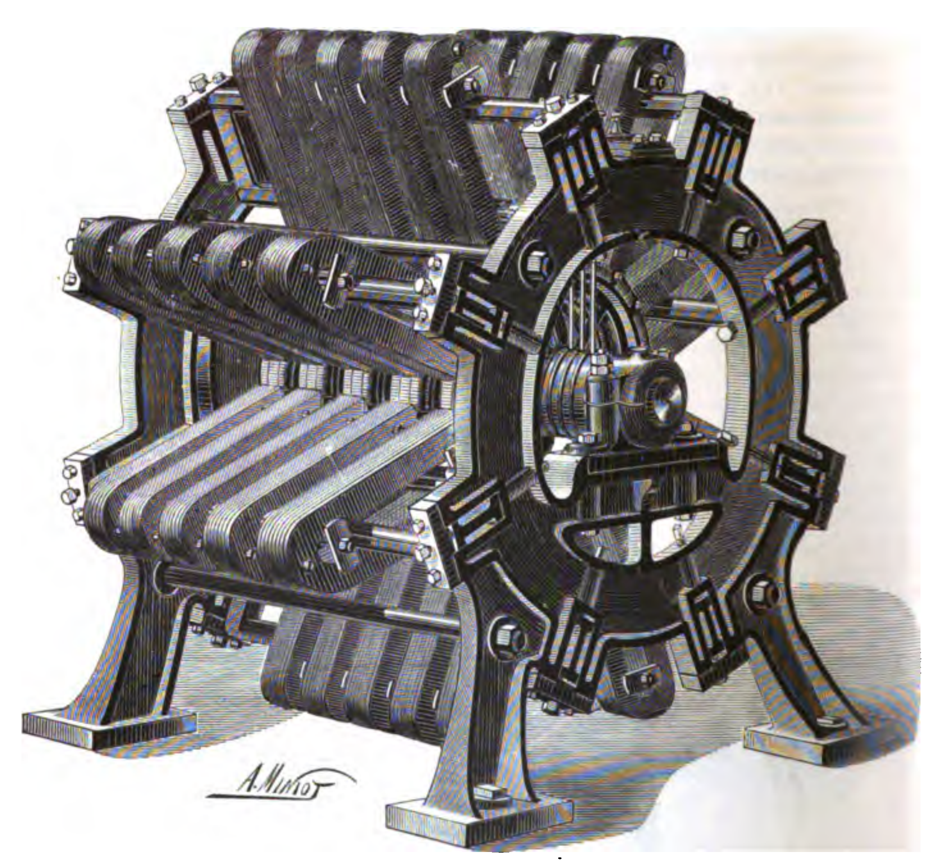


Fig. 522. — Machine de Méritens (modèle des phares).

40 aimants permanents sont divisés en 5 séries; les 8 aimants de chaque série sont disposés en cercle, présentant à l'intérieur des pôles alternativement de noms contraires (fig. 522). A l'intérieur de chaque cercle tourne un anneau portant 16 bobines, qui se suivent comme celles de l'anneau Gramme, mais sont séparées par des prolongements polaires de forme trapézoïde. Elles sont groupées de la manière suivante : la fin de la première bobine est reliée à la fin de la seconde, le commencement de la seconde au commencement de la troisième, la fin de celle-ci à la fin de la quatrième... Lorsqu'une bobine s'approche d'un pôle ..., la suivante s'approche d'un pôle nord : le... rants produits dans ces deux bobines son... de sens contraires, mais ils s'ajoutent gr... mode de jonction que nous venons de d... D'ailleurs le courant change de sens dan... que bobine lorsqu'elle passe devant un ... la machine donne donc des courants alter... Les 80 bobines dont se compose l'arm... entière sont partagées en deux circuits... chacun de 10 groupes réunis en quantit...

ıx circuits peuvent être accouplés en quantité en tension. Chaque anneau est composé ne roue en bronze portant les bobines à sa ·iphérie. Les noyaux sont formés de lames fer doux, découpées à l'emporte-pièce. Le lecteur est formé de deux bagues en bronze, ıntées sur une douille d'ébonite, et sur lesèlles frottent les balais.

;râce à la constance du champ magnétique, .te machine donne un courant bien régulier; e est économique au point de vue de la force motrice. Enfin sa construction simple permet de faire très facilement les réparations qui peuvent être nécessaires. Ces raisons la font employer dans les phares de préférence aux dynamos.

M. de Méritens construit une autre machine plus petite, pour les ateliers et les petites installations industrielles. Cette machine (fig. 523) n'a qu'un seul anneau, et les aimants, rectilignes ou en fer à cheval, sont placés parallèlement à l'axe de rotation, ce qui rend l'appareil moins mbarrassant. L'induit tourne en face de la par-e latérale des pôles, qui sont alternés.

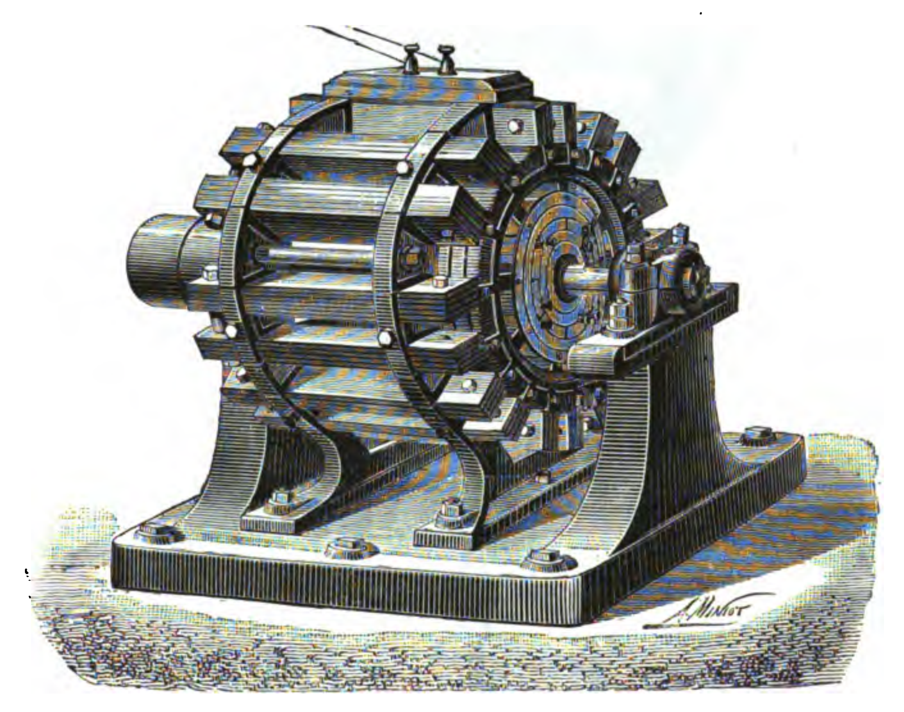


Fig. 523. — Machine de Méritens (petit modèle).

Le même constructeur fabrique aussi des ıachines magnétos à courant continu, dans ɜsquelles le champ est produit par des aimants ectilignes, disposés de façon à former un cy-indre creux, divisé en quatre groupes dont les ɔôles alternent (fig. 524). L'anneau tourne à 'intérieur en face des pôles; il est analogue à ;elui des machines précédentes, mais se rap-ɔroche davantage de celui de Gramme. Comme l y a deux lignes de commutation rectangulaires, le courant est recueilli par quatre balais, reliés entre eux de façon à envoyer le courant dans un seul circuit ou dans deux circuits distincts.

Machines magnéto-électriques médicales ou appareils magnéto-faradiques. — Les courants d'induction employés dans les usages médicaux sont dus à des appareils volta-faradiques (voy. Bobine) ou à de petites machines magnéto-électriques.

Dans l'appareil de Duchenne (de Boulogne) (fig. 525), comme dans les appareils plus anciens de Dujardin et de Breton, le courant est produit par la rotation d'une armature de fer doux devant les pôles d'un aimant. Les branches de cet aimant sont entourées par deux bobines EE portant chacune deux fils, l'un de 0,5 millimètre de diamètre et de 24 mètres de longueur, l'autre de 1/6 de millimètre d'épaisseur et de 600 mètres de longueur. L'armature est

mise en mouvement par la manivelle M et deux roues reliées par une chaîne sans fin. Les rhéophores se fixent aux bornes P et P', entre lesquelles se trouve un commutateur U, qui permet de recueillir le courant du gros fil ou du fil fin, suivant le sens dans lequel on tourne le bouton T.

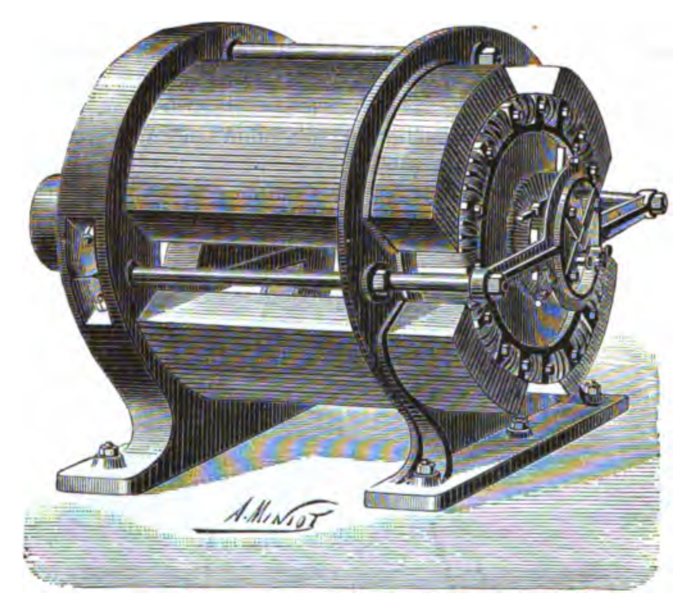


Fig. 524. — Machine de Méritens à courant continu.

Dans le circuit du gros fil est intercalé un rhéotome, qui permet de le rompre deux ou quatre fois par tour. C'est un cylindre de bois B monté sur l'arbre qui porte l'armature et tournant avec elle; il est entouré d'une virole de cuivre portant quatre dents également espacées,

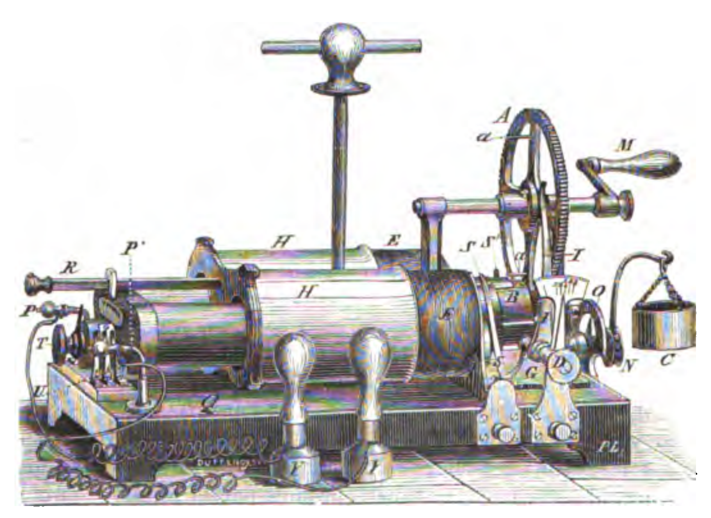


Fig. 525. — Appareil magnéto-faradique de Duchenne (de Boulogne).

dont deux plus courtes que les autres. Les extrémités du fil sont reliées à deux ressorts, dont l'un s'appuie sur la partie pleine de la virole et l'autre sur les dents. En déplaçant ce dernier, on peut faire qu'il rencontre les quatre dents ou seulement les deux plus longues. Un dispositif spécial permet en outre de recueillir les extra-courants.

Quant au fil fin, le courant qui y prend naissance est dû aux variations d'intensité magnétique de l'aimant et aux interruptions qui se produisent dans le gros fil.

On peut graduer les effets en éloignant de l'aimant la plaque G qui porte l'armature, au moyen d'une vis de rappel, ou bien en faisant glisser à l'aide de la tige R les manchons en cuivre HH, qui peuvent recouvrir les bobines sur une longueur plus ou moins grande.

Cet appareil est un peu compliqué, mais il est remarquable par les moyens qu'il fournit à l'opérateur pour faire varier la grandeur des effets produits.

On fait souvent usage d'appareils portatifs. Nous citerons l'appareil Gaiffe (fig. 526), qui ajoute aux organes essentiels de la machine de Clarke une disposition analogue à celle des appareils précédents : outre les bobines mobiles, à noyaux de fer doux, que l'opérateur fait tourner devant l'aimant, d'autres bobines entourent les pôles de celui-ci. Les courants qui prennent naissance dans ces quatre bobines sont recueillis et redressés par un commutateur qui les envoie, toujours dirigés dans le même sens, à des pièces sur lesquelles on fixe les rhéophores. On règle l'intensité des courants en rapprochant plus ou moins l'aimant des bobines mobiles à l'aide d'une vis dont la tête se voit à l'extérieur de la boîte, entre les points d'attache des deux rhéophores.

Machines dynamo-électriques. — Ces machines diffèrent des magnétos en ce que le champ magnétique est dû à des électro-aimants.

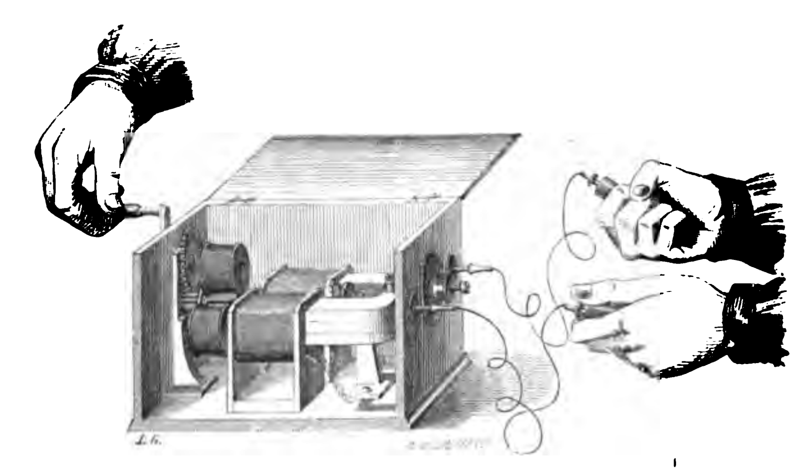


Fig. 526. — Appareil portatif de Gaiffe.

Ce procédé a l'avantage de pouvoir fournir un champ beaucoup plus puissant.

Excitation. — Les dynamos peuvent différer par le mode d'excitation des électros. Lorsque ceux-ci reçoivent le courant d'une petite machine séparée, la dynamo est dite *à excitation indépendante*. Cette disposition est surtout utilisée dans les machines à courants alternatifs. Lorsque la machine fournit elle-même le courant aux électros, elle est dite *auto-excitatrice*. Dans ce cas l'excitation peut se faire *en série* ou *en dérivation*. Les avantages de ces différents systèmes sont exposés au mot EXCITATION. Les machines auto-excitatrices ne pourraient pas s'amorcer si le fer des électros était absolument doux : le magnétisme rémanent suffit pour commencer l'excitation.

Division des machines au point de vue du courant. — Certaines machines, par exemple celles qui sont munies d'un anneau Gramme, donnent un courant dont le sens ne change pas et dont l'intensité ne subit pas de grandes variations, à cause de la parfaite symétrie de l'induit. Ce sont les dynamos *à courant continu*.

D'autres machines portent au contraire un certain nombre de bobines distinctes, dans lesquelles le courant change de sens, en s'annulant, un certain nombre de fois par tour, comme nous l'avons vu dans la machine de Clarke. Tantôt on fait usage d'un commutateur qui recueille tous ces courants et les dirige dans le même sens (machines *à courants redressés*) ; tantôt au contraire on utilise ces courants tels qu'ils se produisent (machines *à courants alternatifs*). Il peut y avoir dans ces machines jusqu'à 30,000 inversions par seconde.

Machines à inducteurs mobiles. — Il existe un certain nombre de machines dans lesquelles

l'induit est fixe et l'inducteur mobile. On évite ainsi l'emploi des collecteurs et des balais; mais la disposition paraît moins commode. On pourrait encore donner à l'induit et à l'inducteur des rotations de sens contraires, ce qui permettrait de diminuer la vitesse. Enfin l'on a essayé aussi de faire tourner seulement le noyau de l'induit, la bobine et l'inducteur restant fixes, ce qui supprime encore les balais et les collecteurs.

Force électromotrice des dynamos. — La force électromotrice des machines d'induction est proportionnelle à l'intensité du champ magnétique et à la longueur du fil induit; elle augmente avec la vitesse.

Construction des inducteurs. — Les électro-aimants ont l'inconvénient d'absorber une partie du courant, mais ce défaut est compensé par plusieurs avantages. Ils permettent d'augmenter l'intensité du champ et par suite la force électromotrice, et de faire varier cette intensité, de sorte qu'on peut proportionner le courant à la puissance nécessaire sur le circuit extérieur. En outre ils coûtent, à puissance égale, moins

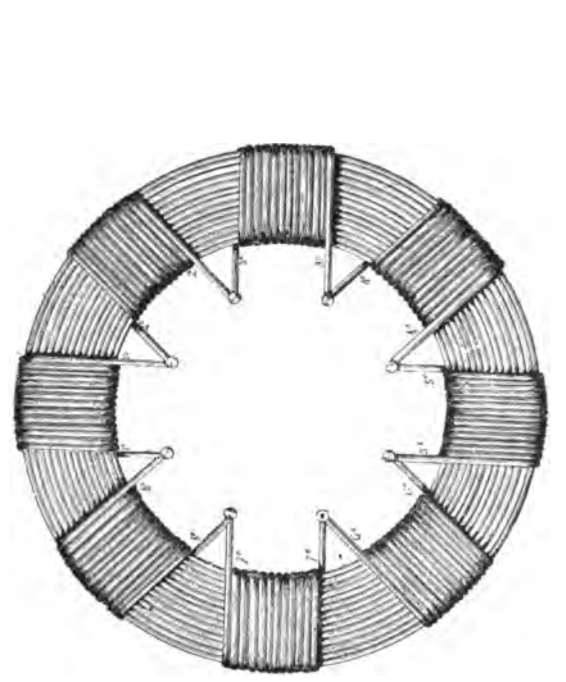


Fig. 527. — Armature en anneau (type Gramme).

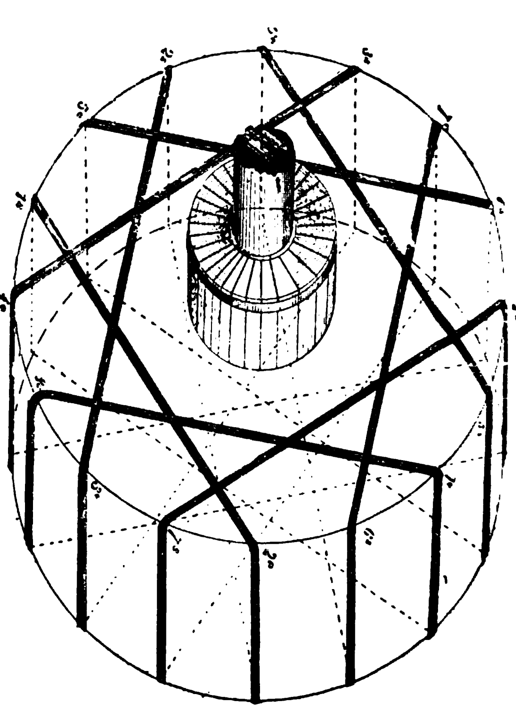


Fig. 528. — Armature en cylindre (type Siemens).

cher que les aimants ordinaires, et ils n'ont pas besoin, comme ceux-ci, d'être réaimantés de temps en temps.

Le noyau des électro-aimants doit être en fer aussi doux que possible. La fonte peut servir aussi : elle subit moins que le fer les effets des petites variations de vitesse de la machine, mais, comme elle est moins magnétique, il faut donner aux électros un plus grand volume.

Les pôles doivent entourer l'induit aussi complètement que possible, pour donner un champ plus uniforme. Ils doivent être formés de lames superposées et isolées les unes des autres, afin d'éviter les courants de Foucault.

Sir W. Thomson a calculé la résistance qu'il convient de donner aux bobines des électros. Dans les dynamos excitées en série, la résistance de l'inducteur doit être un peu inférieure à celle de l'induit; le rapport 2/3 convient bien. D'ailleurs ces deux résistances doivent être faibles par rapport à celle du circuit extérieur. Au contraire, dans les machines excitées en dérivation, la résistance des électros doit être au moins 324 fois plus grande que celle de l'induit, et le produit de ces deux résistances doit être égal au carré de la résistance extérieure.

Construction de l'induit. — Le fil induit doit être long, pour augmenter la force électromotrice; mais, pour qu'il n'occupe pas trop de

place, il faut aussi qu'il soit fin, ce qui a l'inconvénient d'augmenter sa résistance. On y remédie en se servant de cuivre aussi pur que possible. On doit éviter qu'il y ait des parties du fil non soumises à l'action du champ et formant des résistances inutiles. Il faut aussi laisser circuler l'air autour de l'induit, pour l'empêcher de s'échauffer outre mesure. On doit enfin composer le noyau de lames ou de fils isolés, parallèles à la direction du mouvement, afin d'éviter les courants de Foucault.

Les armatures des dynamos peuvent être divisées en quatre classes :

1° Les armatures en anneau, dont les bobines sont enroulées sur un anneau mobile autour de son axe (machines Gramme, Schückert, Brush, etc.); le fil entoure alors le noyau à l'intérieur et à l'extérieur (fig. 527).

2° Les armatures en cylindre, dont les bobines sont enroulées longitudinalement sur un cylindre tournant autour de son axe (machines Siemens, Edison, Weston, etc.); dans cette disposition, le fil n'entoure que la partie extérieure du noyau (fig. 528).

3° Les armatures à pôles, dont les bobines sont enroulées sur des pôles séparés et disposés en cercle (machines Loutin, Niaudet, Wallace Farmer, Gérard, etc.).

4° Les armatures à disque (machines Ferranti, Desroziers).

Influence de la vitesse. — Lorsque le champ magnétique est constant, comme dans une magnéto ou dans une dynamo à excitation indépendante, la force électromotrice est sensiblement proportionnelle à la vitesse ; cette proportionnalité a été en effet vérifiée jusqu'à 3000 tours. Dans les machines auto-excitatrices, toute augmentation de vitesse accroît l'intensité du champ magnétique, ce qui produit une nouvelle augmentation de force électromotrice. Celle-ci devrait donc être sensiblement proportionnelle au carré de la vitesse. Cette proportionnalité ne peut exister que si le fer doux des électros n'est pas trop voisin de son point de saturation; d'autres actions perturbatrices contribuent aussi à l'altérer.

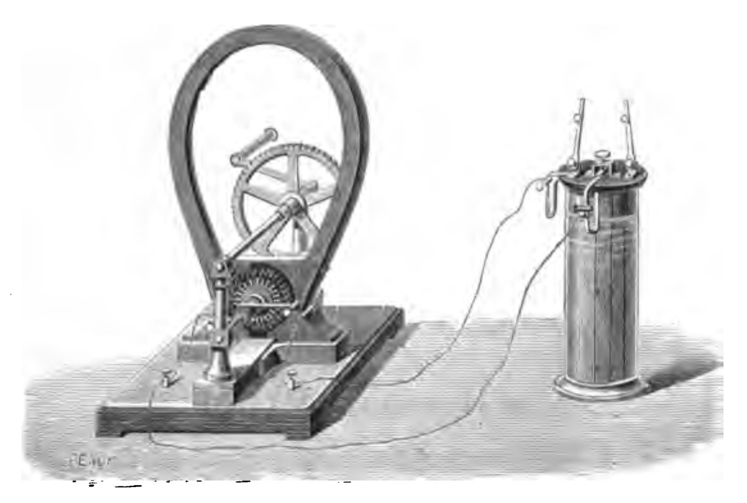


Fig. 529. — Réversibilité des machines d'induction.

La vitesse doit être absolument uniforme, si l'on veut avoir un courant constant. On doit faire grande attention à cette nécessité, lorsqu'on emploie des moteurs à gaz. Remarquons enfin qu'il existe une vitesse minimum audessous de laquelle la machine ne s'amorce pas (Voy. Caractéristique).

Machines multipolaires. — Ces machines permettent d'obtenir les mêmes effets, tout en diminuant la vitesse. Au lieu de deux pôles magnétiques, on en emploie un plus grand nombre, et on les dispose deux par deux aux extrémités d'un même diamètre. A chaque tour, les bobines subissent l'action des divers champs ainsi produits. Mais il faut employer autant de balais qu'il y a de champs différents, et la perte d'énergie produite à chaque balai compense en partie les avantages résultant de l'accroissement du nombre des pôles.

Réversibilité des machines d'induction. — Sauf quelques dynamos à courants alternatifs, les machines d'induction sont ***réversibles***, c'est-à-dire qu'elles transforment indifféremment le travail mécanique en énergie électrique ou

celle-ci en travail mécanique. Si l'on fait tourner l'anneau d'une machine Gramme, on obtient un courant; si on lance au contraire un courant dans cet anneau, il se mettra à tourner spontanément. La figure 529 montre cette expérience faite avec une petite machine magnéto de Gramme; en tournant la machine, on charge un accumulateur; celui-ci donne ensuite un courant qui fait tourner la machine. Cette rotation est une conséquence très simple des lois de l'électrodynamique. Le courant lancé dans la machine d'induction peut être dû à une autre dynamo, qui prend le nom de *génératrice*: la première est appelée *réceptrice*. C'est là le principe de la transmission de l'énergie à distance.

Perte d'énergie dans les machines. — Il y a dans toutes les machines une certaine perte d'énergie : elle peut être due en partie aux courants de Foucault, mais surtout aux étincelles qui se produisent toujours au collecteur. Les balais touchent toujours plusieurs lames de cet organe, pour éviter les interruptions : il y a donc toujours en ce point au moins une bobine mise en court circuit par le balai. Au moment où le court circuit se ferme, les extrémités de la bobine ont une certaine différence de potentiel, d'où résulte une perte d'énergie; la rupture du circuit produit une étincelle. C'est pour cette raison qu'il est désavantageux d'augmenter le nombre des balais. Dans la pratique on place les balais au point où l'on remarque les étincelles les plus faibles. (Voy. CALAGE.)

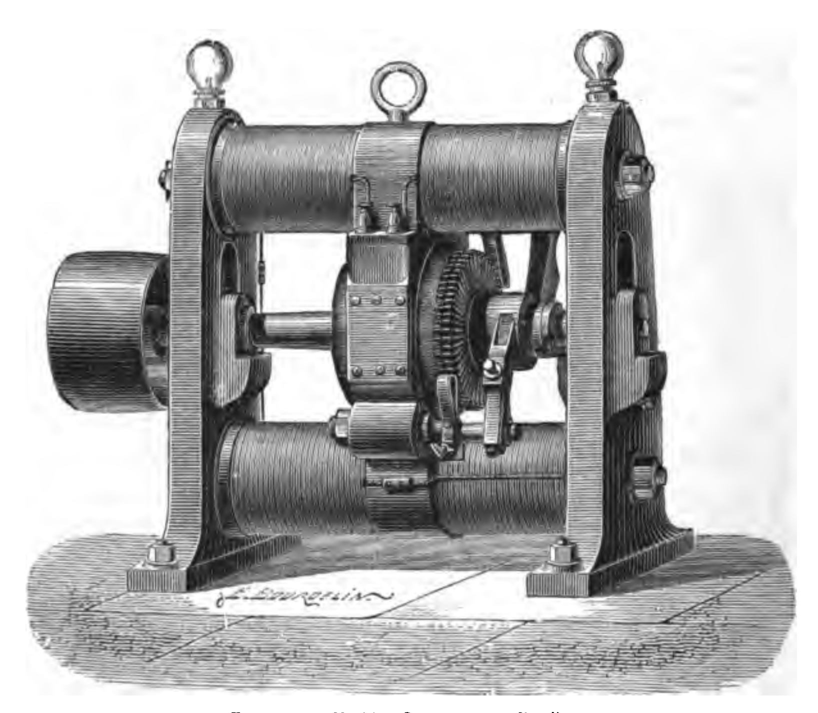


Fig. 530. — Machine Gramme (type d'atelier).

La perte est plus faible dans les grandes machines, qui permettent de fractionner davantage l'anneau.

Rendement des machines d'induction. — Voy. RENDEMENT.

Mesure de la résistance. — Pour connaître la résistance d'une machine, on mesure la résistance des inducteurs et celle de l'induit par la méthode du pont de Wheatstone. Si l'on veut avoir cette résistance *à froid*, on opère sur la machine au repos; pour la mesurer *à chaud*, on opère au moment où la machine vient de s'arrêter, avant qu'elle ait eu le temps de se refroidir.

Mesure de l'intensité et de la force électromotrice. — Pour les machines à courant continu, on se sert d'un ampèremètre, ou l'on mesure la différence de potentiel entre les deux extrémités d'une résistance connue, intercalée dans le circuit (Voy. INTENSITÉ). La force électromotrice se calcule en mesurant avec un voltmètre ou un électromètre la différence de potentiel aux bornes ; connaissant de plus l'intensité et la résis-

tance R de la machine, on en déduit la force électromotrice, comme nous l'avons indiqué plus haut.

Les méthodes précédentes ne peuvent s'appliquer aux machines à courants alternatifs. On détermine alors l'intensité en reliant les deux extrémités d'une résistance connue, intercalée dans le circuit, aux deux paires de quadrants d'un électromètre. La déviation étant proportionnelle au carré de la différence de potentiel des deux points choisis, l'appareil n'est pas influencé par les changements de sens du courant. La loi d'Ohm donne ensuite l'intensité. La force électromotrice s'obtient par la même méthode.

Comparaison des machines d'induction avec les piles. — Il est facile de calculer le nombre d'éléments de piles qui équivalent à une machine d'induction, c'est-à-dire qui peuvent donner la même quantité d'énergie. Soient E et R la force électromotrice et la résistance de la machine, e et r celles d'un élément de pile, n leur nombre

$$\frac{E^2}{R} = n\frac{e^2}{r}.$$

M. Deprez a trouvé ainsi pour une machine

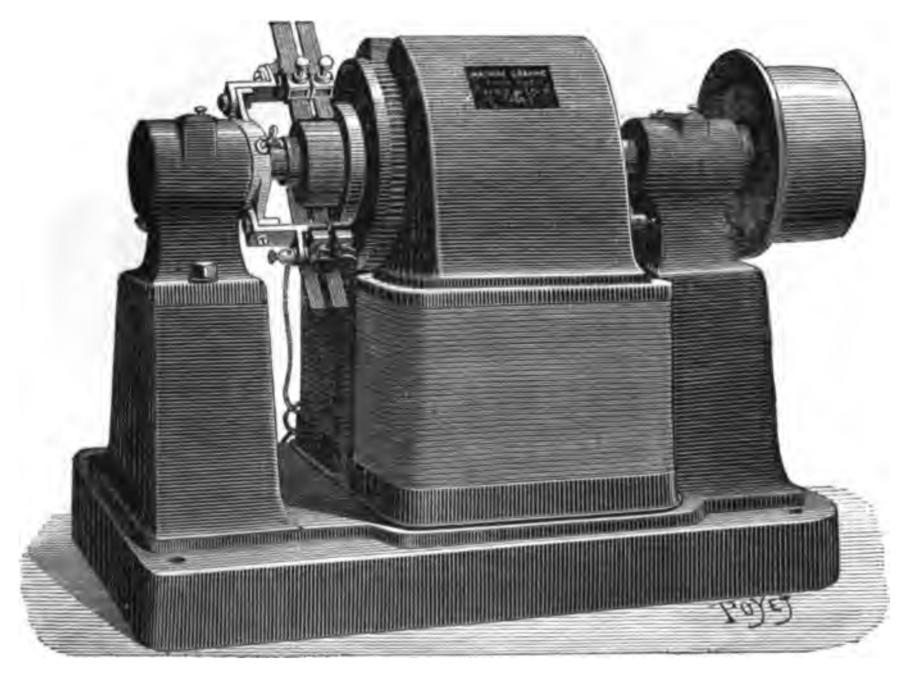


Fig. 531. — Machine Gramme (type supérieur).

Gramme, type d'atelier, faisant 1225 tours par minute, et des piles de Bunsen, modèle plat de Ruhmkorff

$$n = 272.$$

Choix, installation et entretien des machines d'induction. — Tous les modèles de dynamos ont leurs avantages et leurs inconvénients, qui sont plus ou moins sensibles suivant les circonstances; on doit donc choisir celle qui convient le mieux aux applications qu'on se propose. On doit prendre en outre un type construit pour l'usage auquel on le destine.

Les machines doivent être installées dans un local frais ou bien ventilé, pour diminuer l'échauffement, et sec, pour éviter les pertes d'électricité. Il faut éviter le voisinage des poussières inflammables et des matières explosives. Il faut les fixer sur une base solide, pour éviter les trépidations, et interposer une couche isolante de bois entre la machine et le massif de fondation.

La courroie doit être, autant que possible, horizontale ou oblique, avec le brin tirant en dessous. Le sens du mouvement de rotation dépend du calage des balais : la vitesse doit être maintenue constante. Quand la machine s'échauffe, il faut diminuer la vitesse ou introduire une résistance dans le circuit.

Les machines doivent être entretenues par-

faitement propres. Les matières étrangères, les poussières, l'humidité peuvent, sur les parties isolantes, produire une dérivation ; sur le collecteur, elles peuvent, au contraire, empêcher la communication. Il faut s'assurer aussi que les balais appuient sur le collecteur, et les faire avancer à mesure qu'ils s'usent. On les nettoie avec de l'alcool ou du pétrole, mais on ne les replace que parfaitement secs. Quand la surface de contact devient trop large, on les taille en coupant la pointe avec un ciseau à froid. Enfin il faut avoir soin de ne jamais détacher les conducteurs pendant que la machine est en marche, pour éviter d'endommager le fil induit. Il est bon de ne pas se servir de burettes en fer pour le graissage, qui doit être abondant sans excès.

Dangers des machines d'induction ; moyens de préservation. — Les accidents dus aux machines et aux conducteurs doivent être attribués surtout au passage de l'extra-courant de rupture à travers le corps; les effets du courant lui-même sont rarement mortels. Pour éviter l'extra-courant, M. Daussin, puis M. d'Arsonval ont proposé de placer en dérivation sur les bornes de la machine une série de voltamètres à lames de plomb et à eau acidulée, dont la force électromotrice de polarisation soit supérieure à la force électromotrice maxima de la machine. Le courant ne peut franchir cet appareil, mais l'extra-courant le traverse facilement. J. Raynaud a proposé l'emploi de paratonnerres semblables à ceux qu'on emploie en télégraphie.

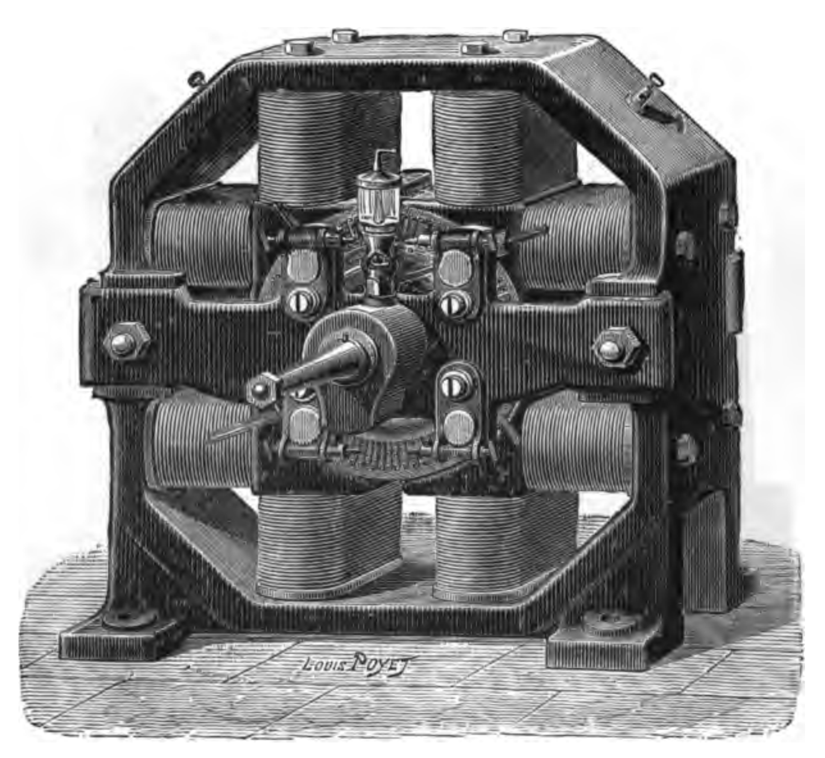


Fig. 532. — Machine Gramme (type octogonal).

Machines à courant continu. — *Dynamos Gramme.* — Les divers modèles de machines Gramme sont pourvus de l'anneau décrit plus haut, et qui donne de très bons résultats : on peut seulement lui reprocher que les parties du fil placées à l'intérieur de l'anneau forment des résistances inutiles; mais il est d'une construction simple et robuste, et sa division en bobines distinctes permet de remplacer facilement les parties usées.

La machine dite *type normal* ou d'*atelier* est une des plus répandues. Elle exige une force de 3 chevaux pour une vitesse de 900 tours, et donne 25 ampères et 75 volts. Elle se compose de deux électro-aimants (fig. 530) dont les culasses, placées verticalement, sont constituées par les flasques de la machine : les pôles de même nom sont en regard. Les deux pôles sont

munis de pièces polaires en fonte, qui enveloppent presque complètement l'induit. Cette machine convient aux petites installations de lumière.

M. Gramme a créé depuis plusieurs autres types destinés à la lumière électrique, et désignés sous les noms de machine à cinq lumières, machine carrée, machine cylindrique, machine octogonale. Il s'est arrêté au *type supérieur*, ainsi nommé parce que l'anneau est à la partie supérieure de la machine (fig. 531). La plaque de fondation, les noyaux des électro-aimants, leurs pièces polaires, ayant la forme de mâchoires qui enveloppent l'induit presque entièrement, les supports de l'arbre central, viennent de fonte en un seul morceau, ce qui rend l'appareil très robuste. L'anneau de la bobine est en fer doux. Le modèle le plus récent de ce type

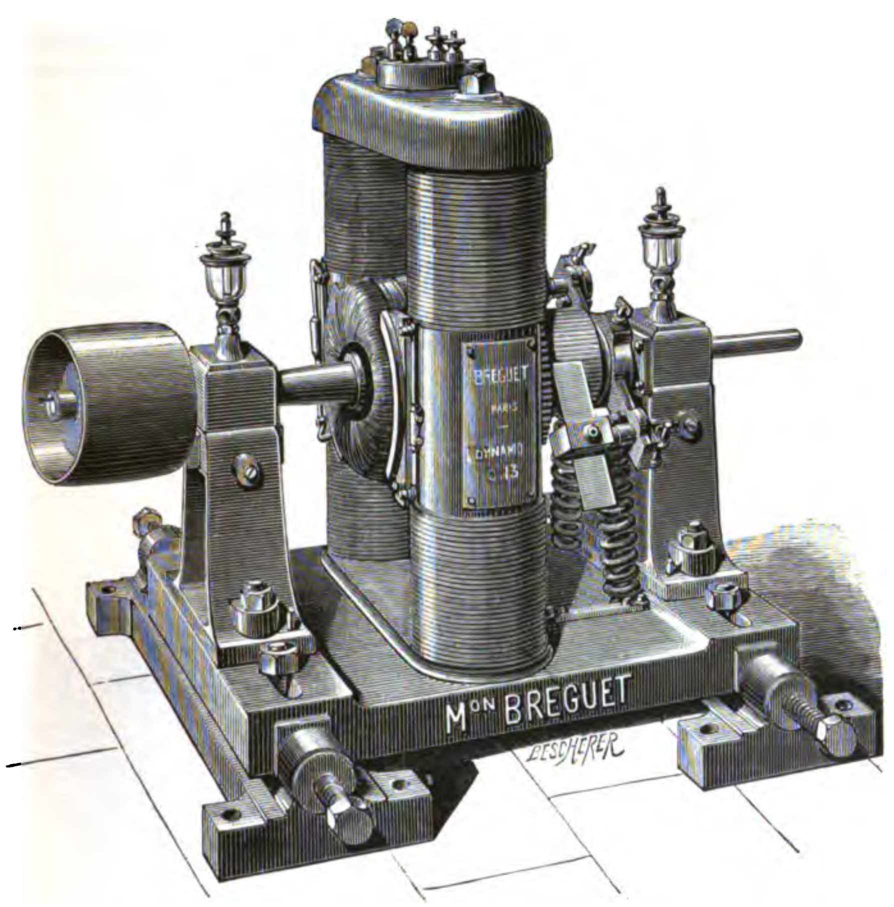


Fig. 533. — Dynamo type C-D.

donne 600 ampères et 110 volts à 450 tours par minute et pèse 4 000 kilogrammes.

Les machines de Gramme destinées à la transmission de l'énergie ne diffèrent des machines à lumière que par les dimensions des fils. Les divers modèles peuvent servir à cet usage. Le type octogonal (fig. 532) est un de ceux qui ont été le plus employés dans ces dernières années, surtout pour les installations de quelque importance. Elle a servi notamment aux expériences de labourage électrique (voy. ce mot) de Sermaise en 1879.

C'est une machine multipolaire : quatre électro-aimants à double noyau produisent quatre champs magnétiques, que traverse successivement l'anneau dans sa rotation. Des pièces polaires en fonte entourent l'induit. Quatre balais recueillent le courant.

Les machines destinées à la galvanoplastie offrent encore la même disposition, mais elles doivent avoir une faible résistance intérieure, pour donner une grande intensité avec une faible force électromotrice : aussi l'inducteur est-il formé d'une seule lame de cuivre, dont

la largeur occupe toute la hauteur du noyau, et qui fait plusieurs tours.

L'anneau prend ici la forme d'un cylindre creux, et le fil est remplacé par des barres de cuivre disposées parallèlement aux génératrices à l'intérieur et à l'extérieur et réunies aux extrémités par des traverses rayonnantes, de manière à former un conducteur sans fin, comme dans les autres modèles.

Le type n° 1, très employé pour la dorure et l'argenture, dépose de 0,6 à 1 kilogramme d'argent par heure et absorbe au maximum un cheval. Dans l'affinage du cuivre, il précipite 250 kilogrammes de métal par jour, avec une force de 5 chevaux. Il débite 300 ampères et 10 volts avec 1,000 tours.

Machines dérivées de la dynamo Gramme. — Beaucoup de maisons construisent, surtout depuis que les premiers brevets de M. Gramme sont tombés dans le domaine public, des machines fondées sur le même principe que la machine Gramme et qui n'en diffèrent que par des détails.

La maison Bréguet construit plusieurs types de machines, appropriés aux différentes applications. Dans le type C-D (fig. 533), les deux

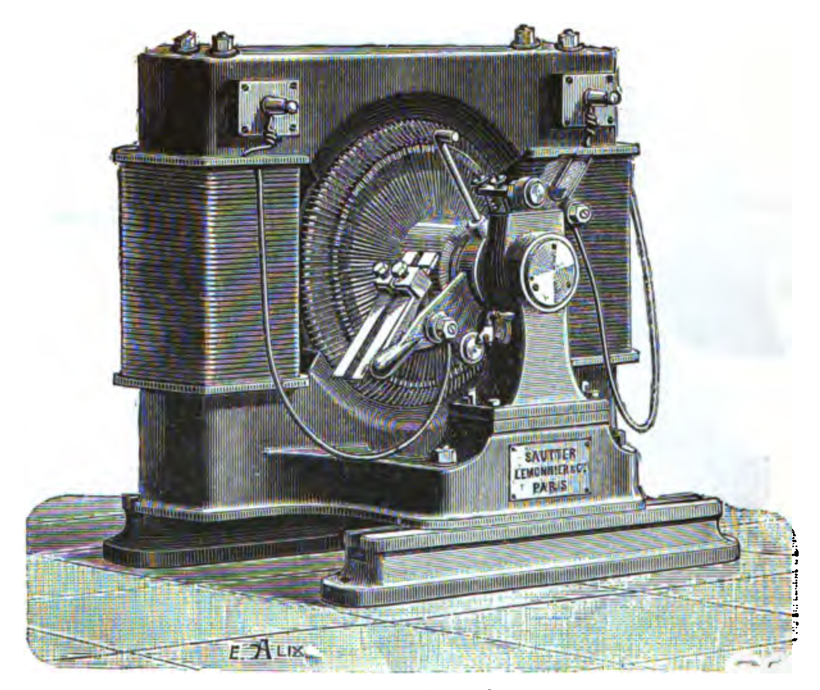


Fig. 534. — Dynamo Sautter Lemonnier.

électro-aimants sont superposés par leurs pôles de même nom ; l'anneau, du système Gramme, est enveloppé par les pièces polaires. Chaque type peut être monté en série, en dérivation ou en double enroulement. Ces machines sont portées par des rails ou glissières à vis, qui permettent de les déplacer pour corriger la tension de la courroie, même pendant la marche.

Les dynamos de la maison Sautter Lemonnier sont aussi à anneau Gramme (fig. 534) ; de larges pièces polaires entourent l'induit. Ces machines sont montées sur une plaque de base munie de glissières, sur laquelle elles se fixent par un écrou spécial, afin de maintenir la courroie tendue. Un rhéostat à commutateur permet de régler la tension du courant produit, lorsque l'allure du moteur subit de légères variations. Les machines destinées à l'incandescence sont compound.

La machine représentée par la figure 535 est encore à anneau Gramme. L'inducteur est formé de quatre bobines pour deux pôles. L'induit est composé de feuilles de tôle de 0,5 mm., séparées par des feuilles de papier de 0,1 mm. Ces tôles, dans lesquelles on pratique trois entailles, sont enfilées et serrées sur une pièce de bronze en forme de triangle clavetée sur l'arbre ; l'ensemble des tôles est isolé de ce triangle, qui est lui-même fendu par une série de traits de scie perpendiculaires à l'axe.

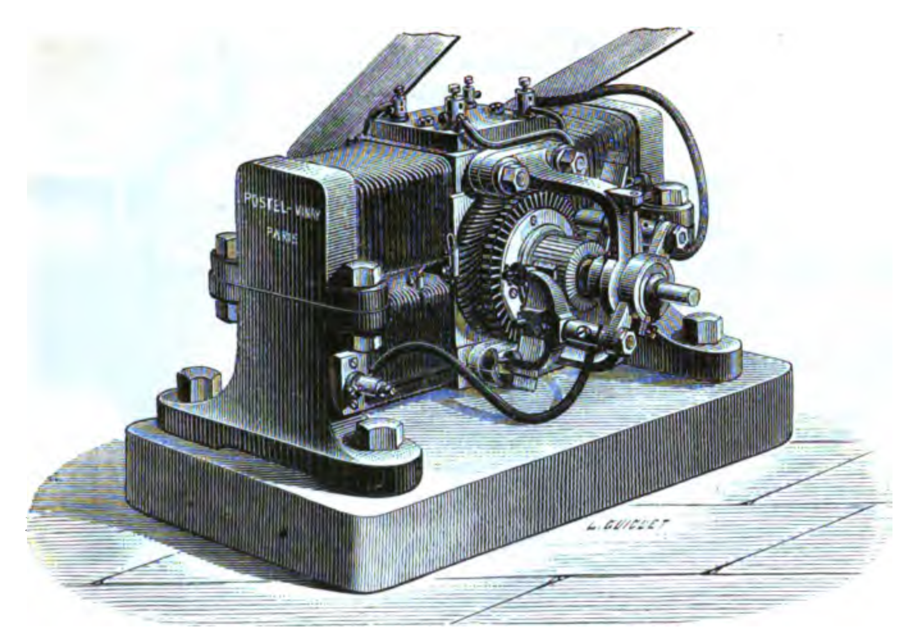


Fig. 535. — Dynamo Postel-Vinay.

La dynamo Schuckert, très employée en Allemagne, présente à peu près l'aspect de la machine Gramme d'atelier. Les électros sont disposés de la même façon; mais l'anneau, identique

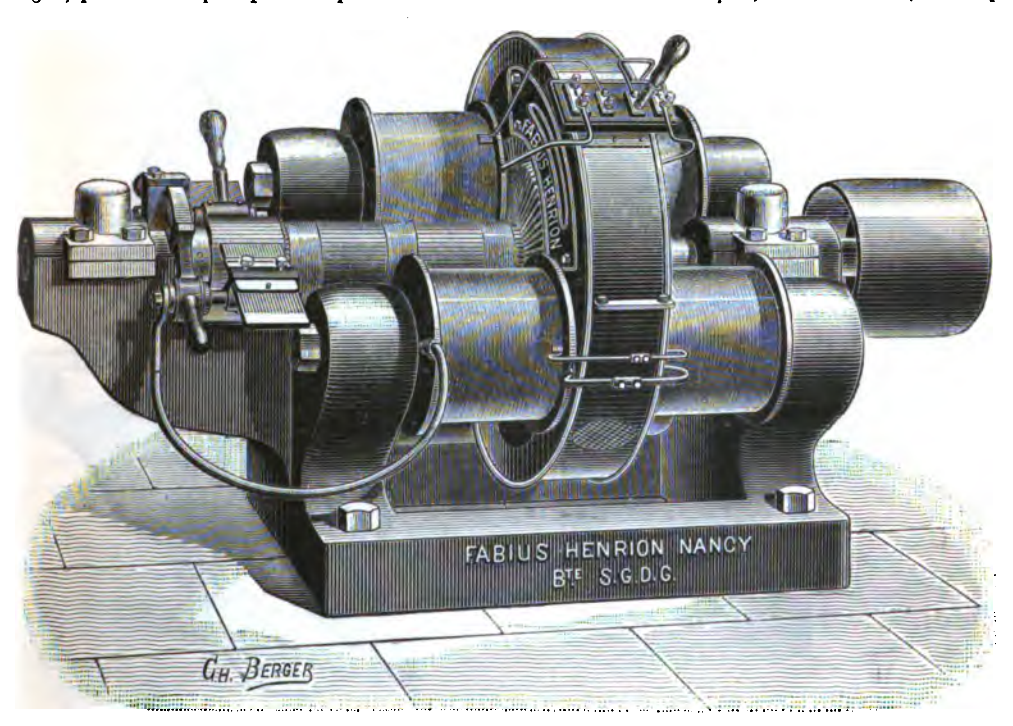


Fig. 536. — Dynamo F. Henrion pour arcs en tension.

comme enroulement, a la forme d'un disque très aplati; il est constitué par des couronnes en tôle mince juxtaposées et isolées. Le collecteur est identique. Les flasques sont évidées

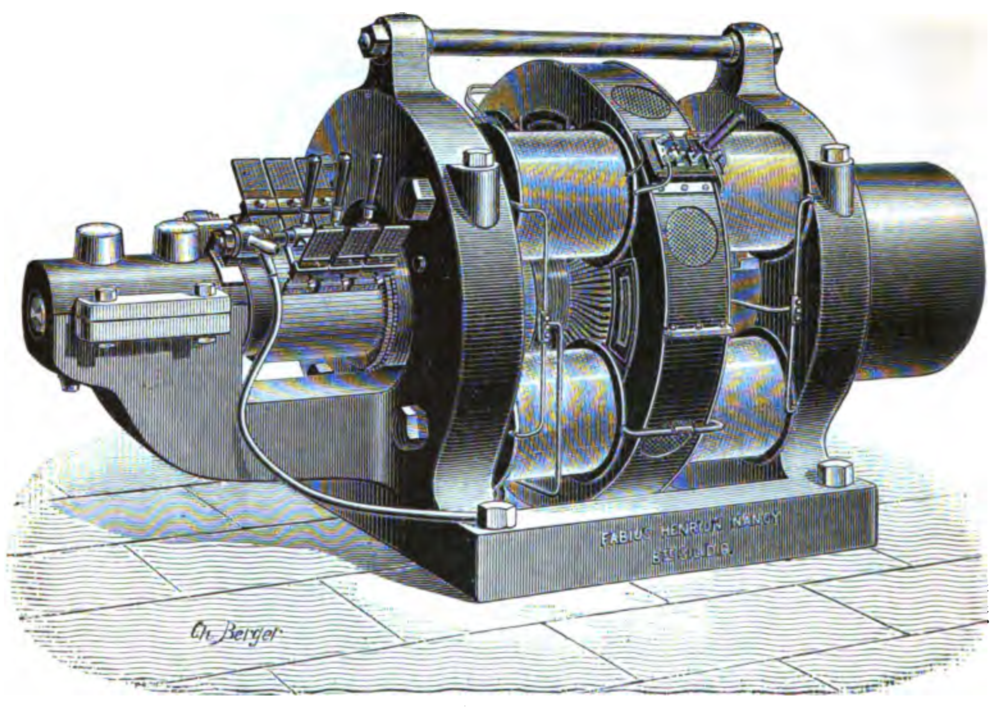


Fig. 537. — Machine compound Fabius Henrion, modèle moyen.

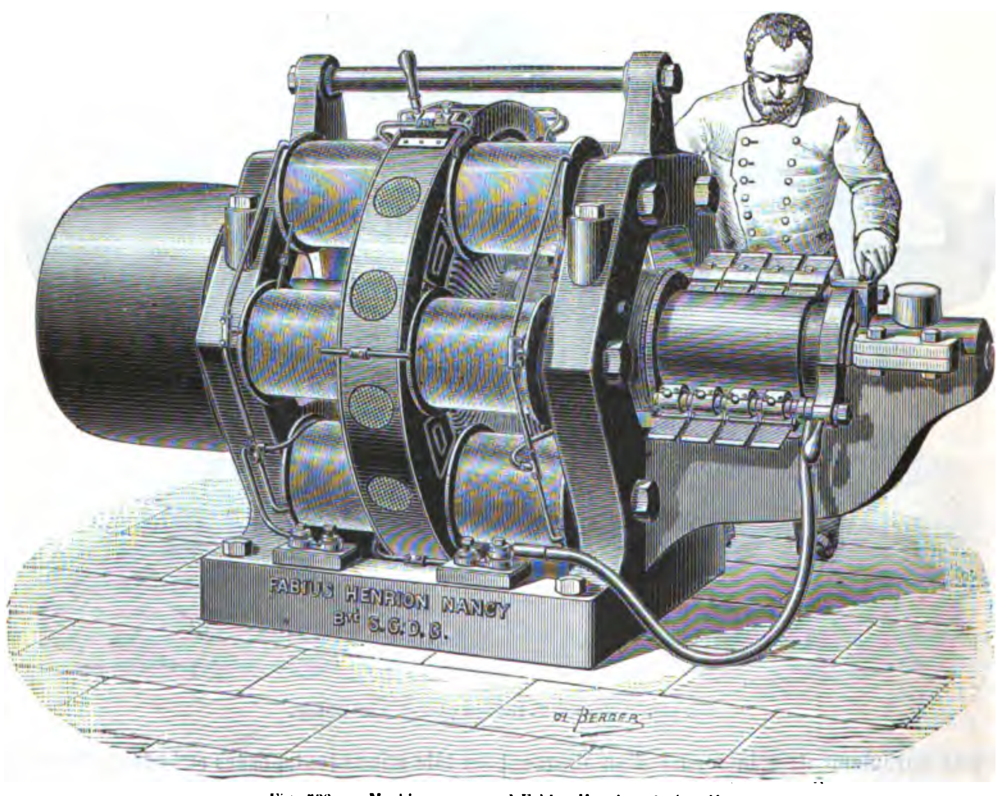


Fig. 538. — Machine compound Fabius Henrion, à six pôles.

d'un côté, ce qui permet d'enlever facilement l'anneau et son arbre, en cas de réparation.

Dynamos F. Henrion. — Les dynamos Fabius Henrion sont du système Schückert modifié : les plus petites sont à deux pôles (fig. 536). Le socle, les paliers et les supports des inducteurs sont fondus d'une seule pièce. Les inducteurs sont inclinés à 45°, ce qui rend l'ensemble plus commode et rend plus facile l'accès des balais et des autres organes. L'armature est, comme dans la précédente, un anneau Gramme aplati en forme de disque. Le noyau est formé de fils de fer séparés par du papier paraffiné, puis recouverts de ruban isolant.

Les modèles plus grands (fig. 537) sont à quatre pôles. Les bobines de l'induit diamétralement opposées, étant au même potentiel, sont reliées par le mode ordinaire de croisement des connexions. Il en résulte que les balais peuvent être placés à 90° l'un de l'autre, et qu'il n'y en a que deux séries, montées sur un même châssis mobile. Chaque série, formée de deux balais, peut en outre se régler séparément quant à la pression sur le commutateur.

La figure 538 montre un modèle plus grand à six pôles, dont la disposition est d'ailleurs analogue à celle du précédent. Les trois types figurés servent à l'éclairage par incandescence

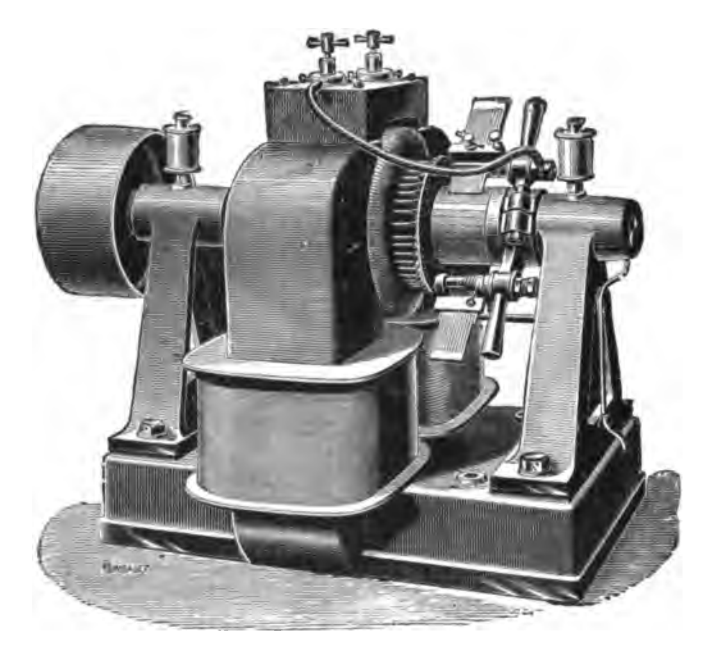


Fig. 539. — Dynamo Phœnix.

ou par incandescence et arc combinés. Les paliers sont venus de fonte avec le socle; ils sont à double graissage, l'un se substituant de lui-même à l'autre. Le dispositif des balais permet de maintenir l'intensité constante, sans intercaler de résistances dans le circuit, en faisant varier seulement leur position sur le collecteur. Les dynamos à deux pôles donnent de 10 à 112 ampères, celles à quatre pôles de 150 à 300 ampères sous une différence de potentiel de 110 volts. Celles qui sont construites pour l'éclairage à arc donnent généralement 8 ampères avec une différence de potentiel allant jusqu'à 1 000 volts.

Enfin, pour compenser les effets des irrégularités de vitesse provenant du moteur, M. F. Henrion adjoint aux machines compound un régulateur (voy. ce mot) de potentiel qui introduit une résistance convenable dans la dérivation des inducteurs ou l'en retire suivant les besoins.

Dynamos anglaises. — Nous signalerons encore quelques machines anglaises, dérivées aussi de la machine de Gramme.

La dynamo Phœnix (fig. 539) construite par MM. Paterson et Cooper est analogue à la machine de Gramme, type supérieur. Les inducteurs sont forgés d'une seule pièce : leurs bobines, de forme rectangulaire, sont enroulées sur un corps en tôle avec des joues en cuivre. L'induit est un anneau de Gramme, dont le noyau est composé de tôles de fer, séparées par du pa-

pier verni à la gomme laque, et réunies par des boulons isolés. Le rendement serait, dit-on, de 94 p. 100.

La machine Norwich (fig. 540) est remarquable par sa légèreté; le modèle pour 200 lumières ne pèse que 1 268 livres, et fournit presque 10 watts par livre. D'après les constructeurs, elle possède tous les avantages des machines du type Gramme, sans avoir le défaut de s'échauffer. Elle tourne silencieusement et avec une faible vitesse, et ne donne pas d'étincelles aux balais. Les inducteurs sont en fonte : le dessin montre suffisamment leur disposition.

La machine *Victoria*, imaginée par M. Mordey et employée par la *Anglo-American Electric Light Corporation*, la *dynamo Manchester*, construite par MM. Mather et Platt, se rattachent encore au type Gramme.

Dynamo Dulait. — Cette machine, analogue à la dynamo Victoria, est construite par la Société « Électricité et Hydraulique » de Charleroi. Elle est tétrapolaire, à excitation compound, et présente un anneau Gramme aplati, de grand diamètre (fig. 541).

Les inducteurs sont formés de gros cylindres en fer de Suède excessivement doux, courts

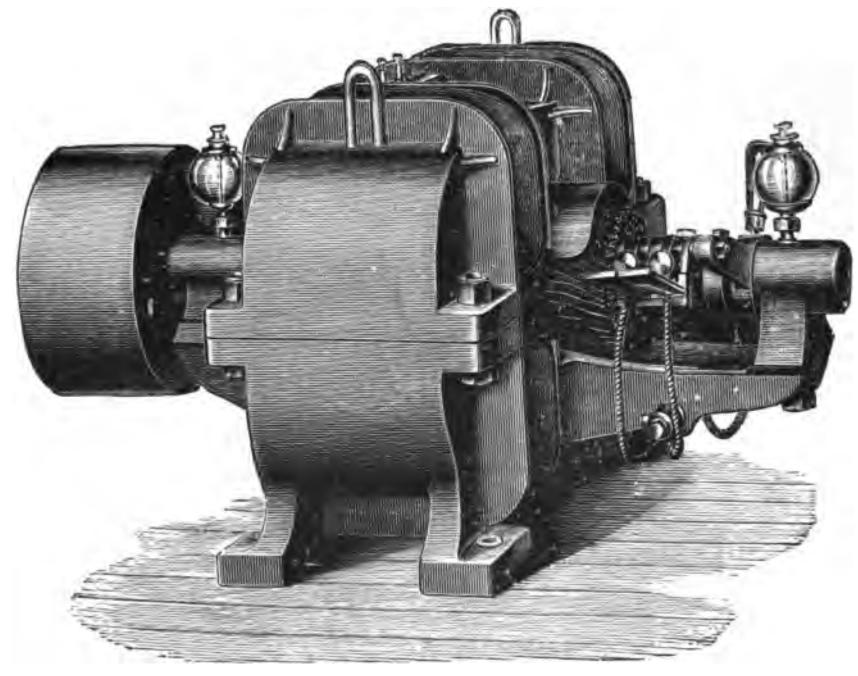


Fig. 540. — Dynamo Norwich.

par rapport à leur diamètre, et boulonnés sur deux culasses en fonte qui servent de bâti. Ils sont reliés deux à deux par quatre masses polaires en fonte, soudées aux noyaux et se terminant au centre par des épanouissements qui entourent l'induit. Le bobinage est séparé des noyaux par un carton d'amiante, pour éviter les courts circuits. Le fil fin de la dérivation est à l'extérieur, pour empêcher l'échauffement.

L'armature comprend un enroulement de fil de fer doux, isolé par un guipage de coton, et enroulé sur une gorge formée par la réunion de deux disques de tôle mince recourbés, à section demi-circulaire, et évidés. Sur cet anneau, isolé à l'amiante, est enroulé l'induit, composé de bobines partielles, séparées par des vides de la largeur des bobines, pour éviter l'échauffement. Le fil de cuivre, de haute conductibilité, est de section rectangulaire, pour faciliter l'enroulement; il est isolé par trois couches de coton et un enduit extérieur de gomme laque. Les bobines diamétralement opposées sont groupées en quantité. Le collecteur est allongé, ce qui permet l'emploi de doubles balais. Il y a deux paires de balais, calées à 90°. Les segments du collecteur sont isolés par des feuilles de mica. Les paliers sont graissés automatiquement à l'aide d'une bague excentrique, qui est entraînée par l'arbre et remonte à sa partie supérieure l'huile d'un récipient dans lequel elle plonge constamment.

)*ynamo Brown*. — Cette machine, construite : les ateliers d'Œrlikon (près Zurich), se rapproche des précédentes. L'inducteur est formé de deux noyaux cylindriques, gros et courts, et

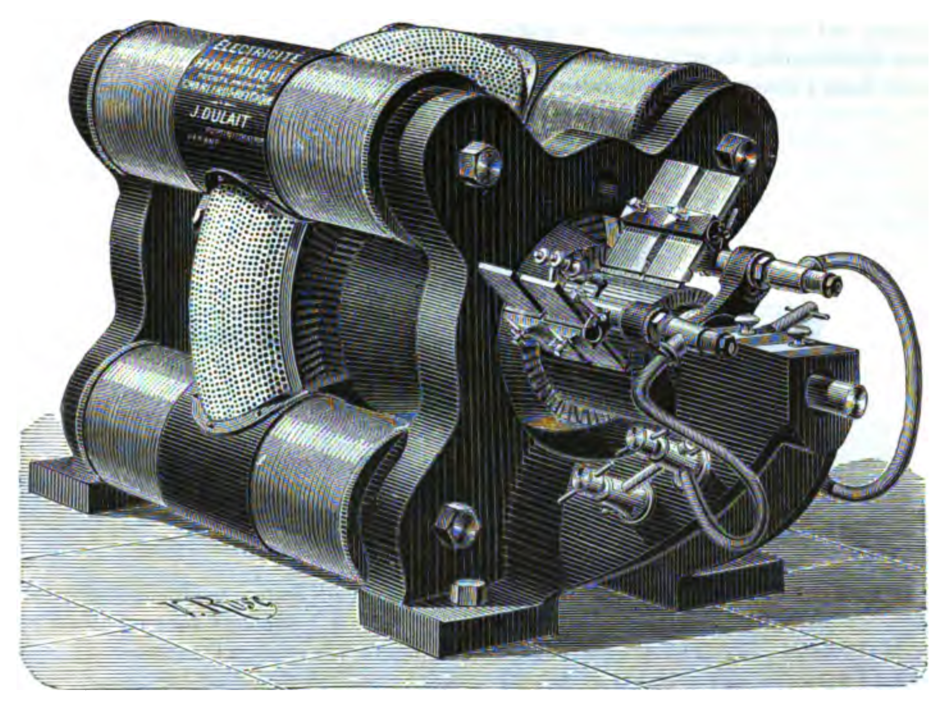


Fig. 541. — Dynamo Dulait.

e deux traverses horizontales en fonte, de large ection, portant les surfaces polaires (fig. 542). La poulie se trouve entre le palier et l'induit. Cette machine est très robuste et présente un

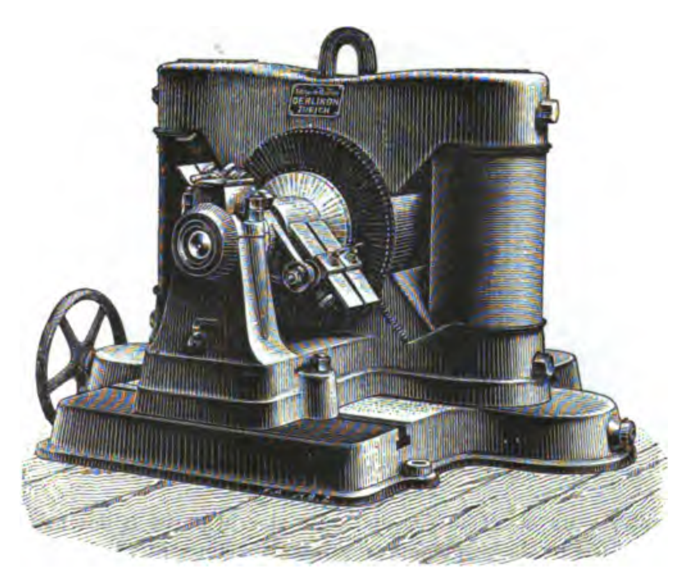


Fig. 542. — Dynamo Brown.

rendement électrique élevé (96,5 p. 100 d'après les fabricants). (Voy. TRANSMISSION DE L'ÉNERGIE.)

Dynamo Sperry. — M. Sperry a modifié récemment l'anneau Gramme d'une façon très

ingénieuse. L'induit de cette machine (fig. 543) est un anneau Gramme, qui est creux par derrière et monté en porte-à-faux sur l'arbre. L'inducteur est un électro-aimant à quatre branches horizontales, dont les pièces polaires pénètrent dans l'anneau et l'embrassent intérieurement et extérieurement. On utili- presque tout le fil induit. M. Sperry a vérifié sur une machine, dont les pièces se démontaient, que les $\frac{28}{73}$ de la force motrice proviennent de la partie inté-

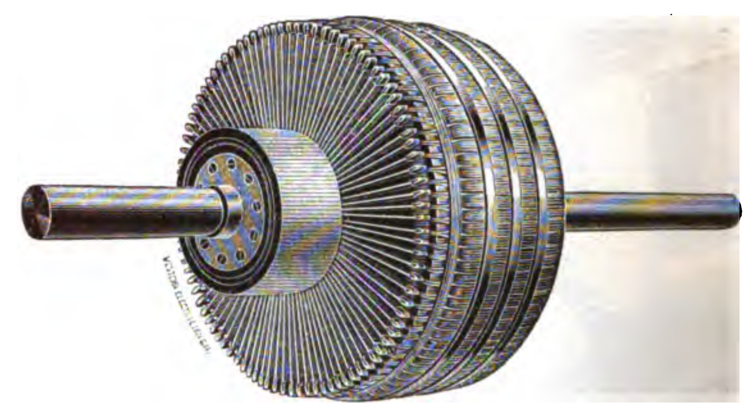


Fig. 543. — Anneau de la machine Sperry (Electric Company, Chicago).

fil. Le noyau de l'induit est formé de rondelles de tôle mince, recuites, isolées par du papier d'amiante et reliées par des boulons isolés, qui servent à le fixer sur une araignée de bronze, calée sur l'arbre. Le fil induit est recouvert d'un isolant incombustible à base d'amiante et retenu par un frettage. Le collecteur es- par du mica. Les balais sont montés à La figure 544 montre l'ensemble de cette chine : elle est disposée pour l'alimentati- foyers à arc en série, et en général po- distributions à intensité constante. Pour

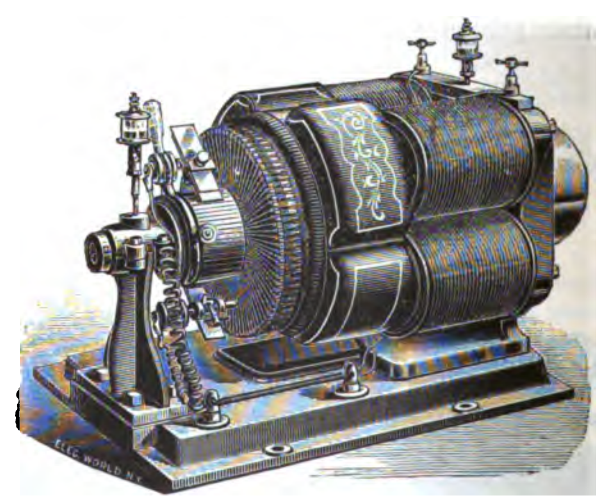


Fig. 544. — Dynamo Sperry (Electric Company, Chicago).

une force électromotrice un peu élevée, on groupe généralement plusieurs de ces machines en série. La force électromotrice est ainsi plus constante, l'isolement plus parfait, et l'installation plus économique.

Un régulateur (voy. ce mot) très original sert à régler la position des balais pour avoir intensité constante. Il est commandé par l de la dynamo.

Dynamo Belfort multipolaire. — La Société sacienne de constructions mécaniques fabr une dynamo multipolaire (fig. 545), qui

courants continus et à basse tension; elle destinée à tourner avec une faible vitesse se monter directement sur l'arbre du mo- '.

ɘs inducteurs forment une sorte d'étoile e sur le bâti de la machine à vapeur; la ːie centrale est en fonte, les noyaux et les ːes polaires en fer. L'arbre de la machine à eur traverse cette partie centrale et s'appuie un fort support. Sur cet arbre est fixé l'in- t, qui est un anneau Gramme, et qui recouvre entièrement les pièces polaires. Cet anneau est tourné très exactement afin de laisser le moins de jeu possible entre la face intérieure et les pièces polaires.

L'anneau lui-même sert de collecteur, ce qui simplifie beaucoup les connexions. Deux croisillons servent, l'un à soutenir l'anneau, l'autre à porter les tourillons porte-balais. Les balais se manœuvrent tous ensemble à l'aide de deux leviers, dont l'un sert à faire tourner tous les tourillons et à lever ou abaisser tous les balais

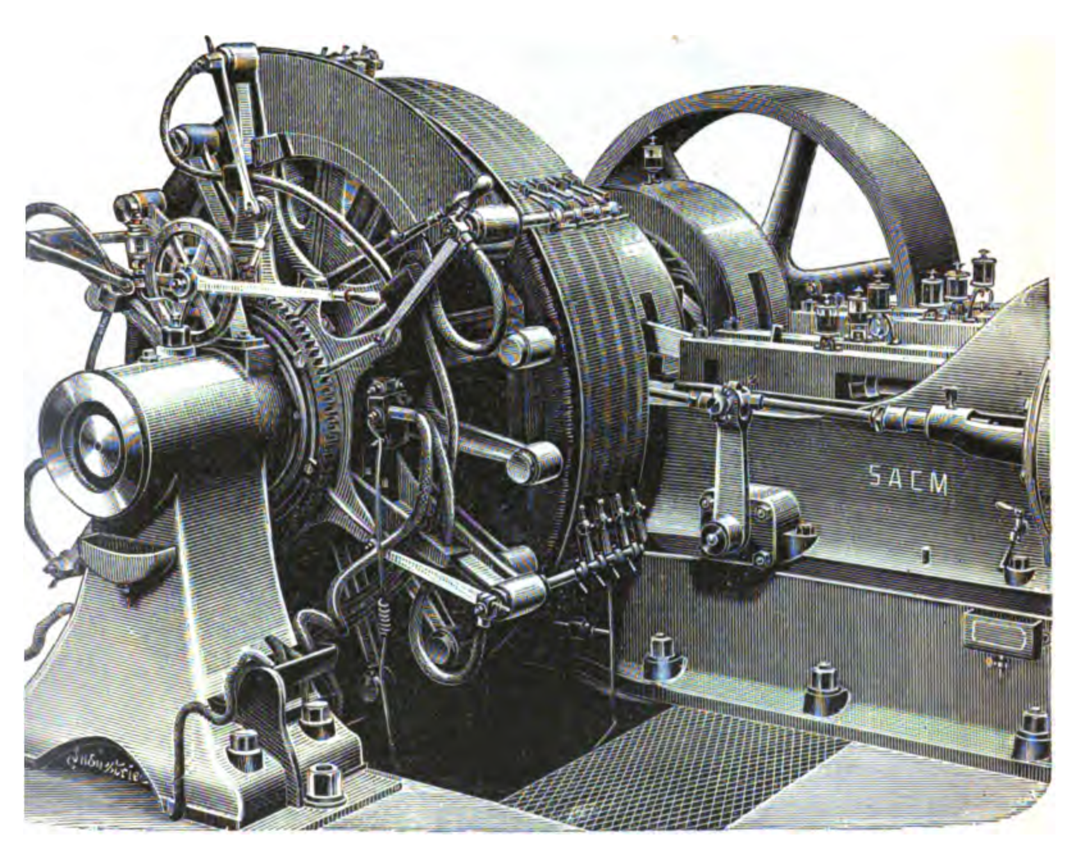


Fig. 545. — Dynamo multipolaire à anneau accouplée directement avec un moteur Armington compound.

ı même temps; l'autre sert à changer l'angle e calage suivant les besoins.

Dynamos Siemens. — Les machines que nous vons décrites jusqu'ici ont toutes pour armaıre un anneau plus ou moins semblable à celui e Gramme. Les machines imaginées par I. Hefner-Alteneck, ingénieur de la maison ıiemens, de Berlin, ont au contraire un induit lérivé de l'armature Siemens, imaginée en 856, et décrite plus haut. Il se compose d'un ıoyau cylindrique en fer, sur lequel le fil est ɜnroulé longitudinalement et seulement à l'extérieur. Cette disposition évite la perte due à la résistance inutile des parties intérieures du fil, qui est le défaut des anneaux Gramme; cependant les parties situées sur les bases du cylindre sont encore inutiles. Cette armature a le défaut de ne pouvoir se construire en plusieurs parties et d'être compliquée, ce qui rend les réparations difficiles. Ce mode d'enroulement est représenté d'une façon schématique (fig. 528), il est divisé en 8 bobines; mais, en réalité, le fil qui passe de l'une d'elles à la suivante sur la base supérieure est interrompu

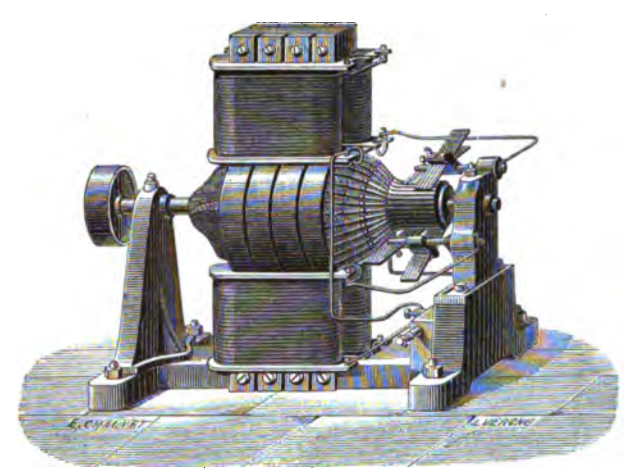


Fig. 546. — Machine Siemens (de Berlin), premier type.

et ses deux bouts se rattachent à l'une des lames du collecteur, qui est d'ailleurs identique à celui des machines précédentes. Les deux parties de l'induit, situées de chaque côté des

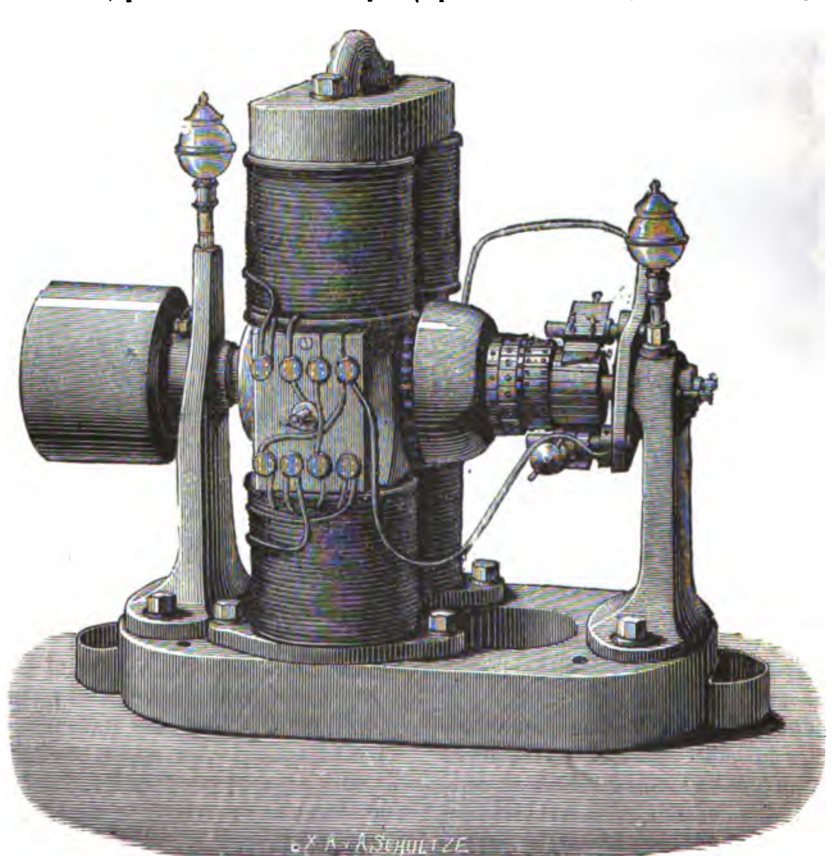


Fig. 547. — Machine Siemens (de Berlin) verticale.

balais, donnent, comme dans la machine de Gramme, des courants qui s'ajoutent en quantité dans le circuit extérieur.

L'inducteur est formé de deux électro-aimants réunis par les pôles de même nom; ils sont formés de lames de fer légèrement cintrées

au milieu. Dans les premiers modèles, les électros, de forme allongée, étaient placés verticalement ou horizontalement (fig. 546). Depuis 1887, la maison Siemens a adopté de nouveaux types,

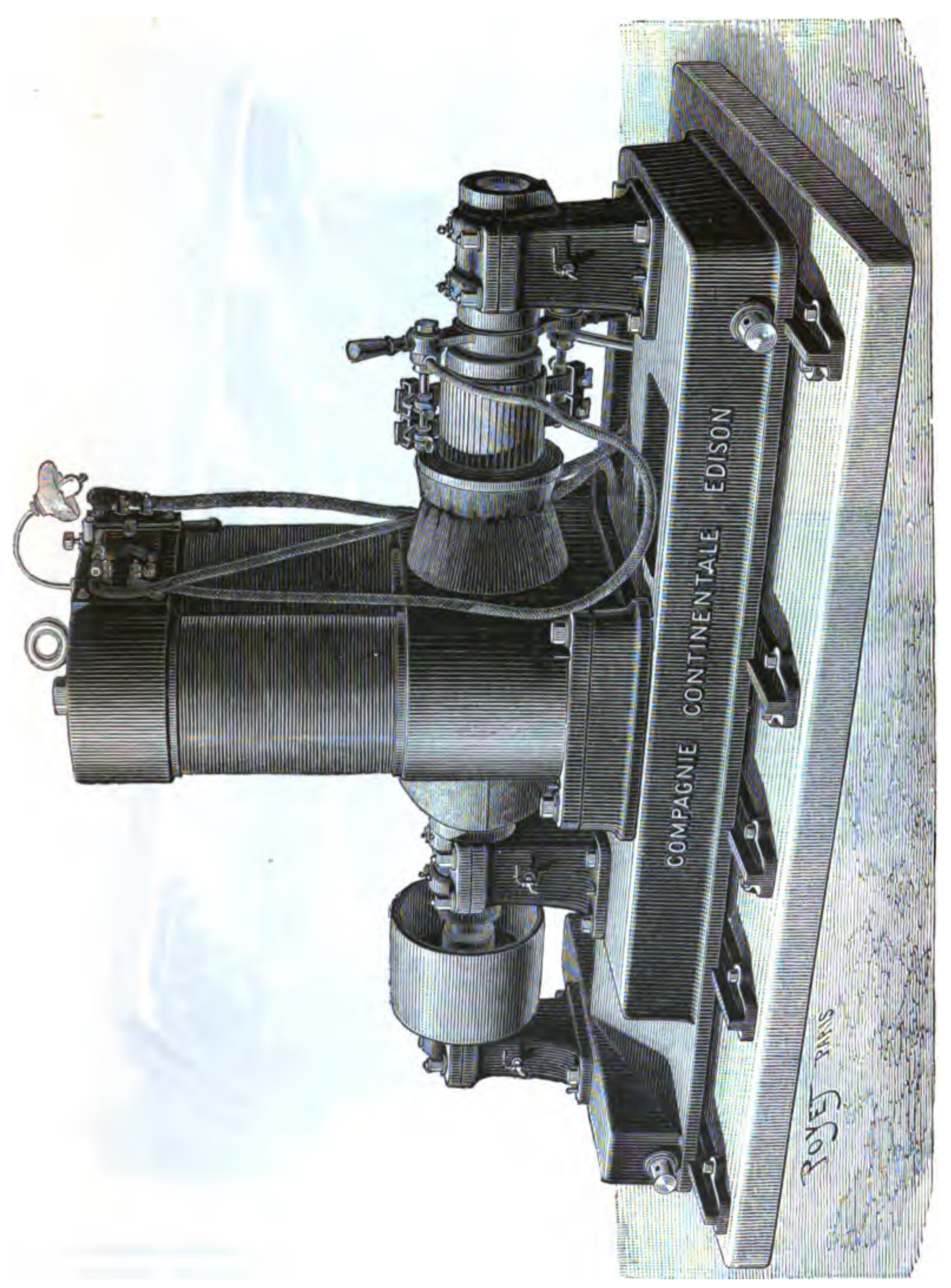


Fig. 548. — Dynamo Edison (modèle de l'Usine municipale des Halles).

dont l'un ressemble beaucoup par l'aspect extérieur au modèle supérieur de Gramme; l'autre est un modèle vertical à électro-aimants doubles (fig. 547). Ce modèle porte sur les côtés des ta-

blettes munies de bornes auxquelles aboutissent les fils des circuits inducteur et induit, ce qui permet de coupler d'une manière différente les divers éléments de la machine, suivant le but qu'on se propose.

Dynamos Edison. — Les machines Edison

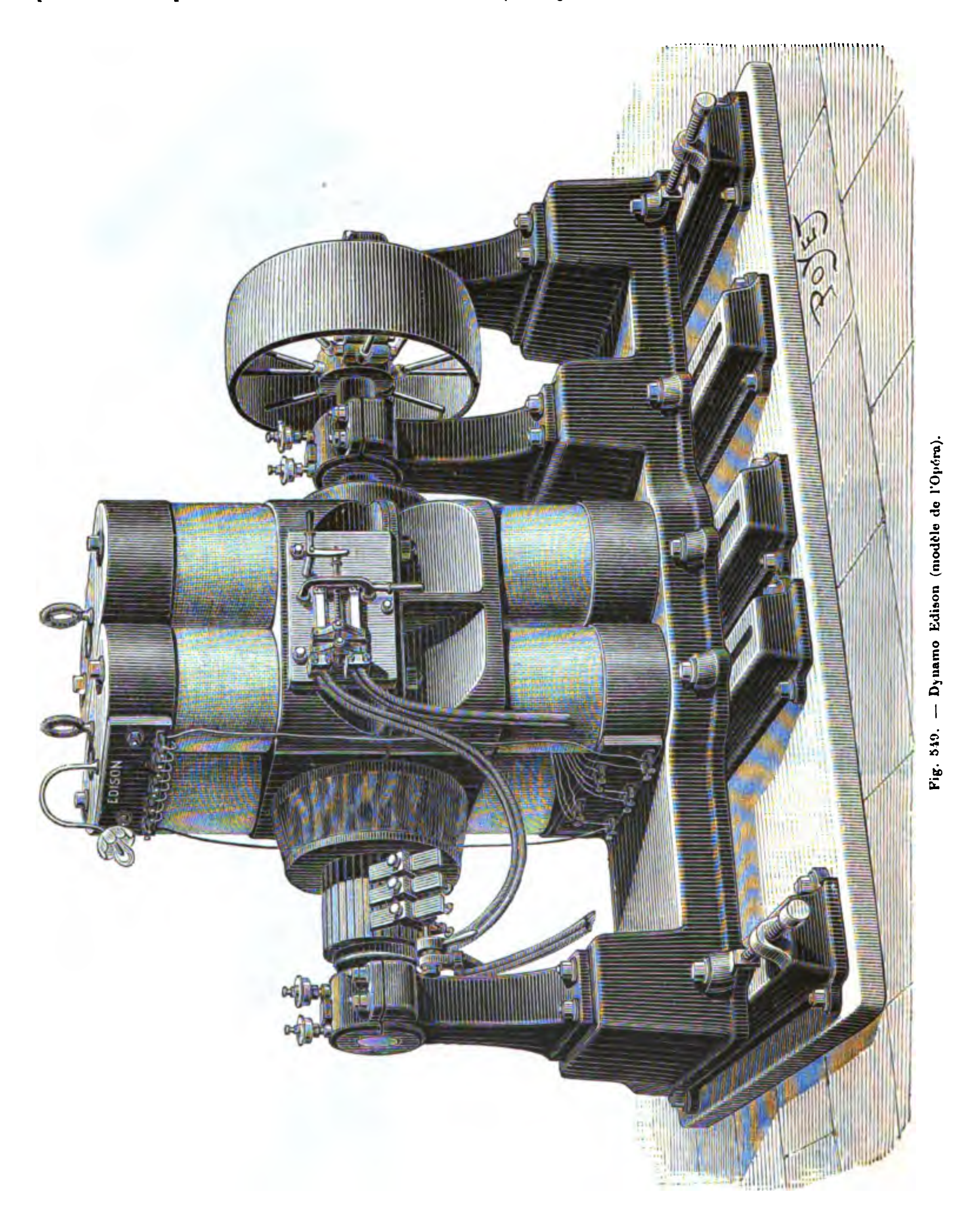


Fig. 549. — Dynamo Edison (modèle de l'Opéra).

(fig. 548) sont spécialement destinées à l'éclairage par incandescence, et doivent être employées avec des lampes montées en quantité; elles ont une faible résistance intérieure. L'armature est un cylindre, formé de disques de tôle, sur lequel le fil s'enroule comme dans la machine de Siemens. Lorsqu'on veut diminuer encore la résistance, on remplace le fil induit par des bandes de cuivre isolées, réunies de la même manière. Les bobines de l'armature sont

toujours en nombre impair, contrairement à ce qui a lieu dans les autres machines; il en résulte qu'elles ne sont pas diamétralement opposées deux à deux et que les balais ne peuvent en mettre qu'une à la fois en court circuit. Le collecteur est semblable à celui de la machine Gramme.

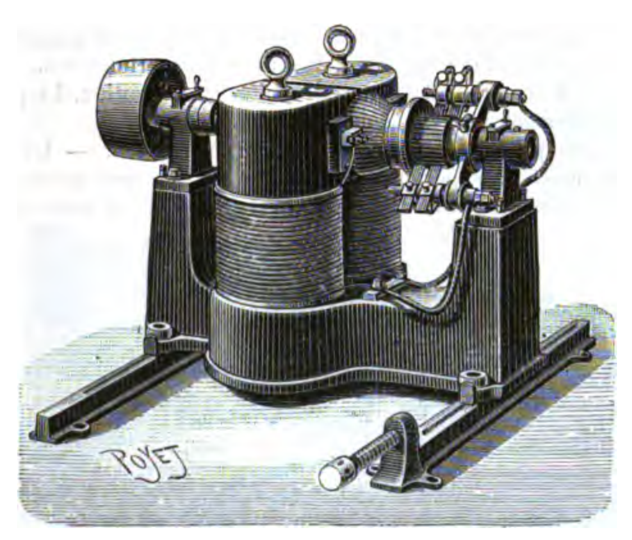


Fig. 550. — Dynamo Edison, à excitation compound.

L'inducteur est formé d'un électro-aimant de grandes dimensions, terminé par des pièces polaires de fer doux qui entourent l'armature. Ces machines sont généralement excitées en dérivation.

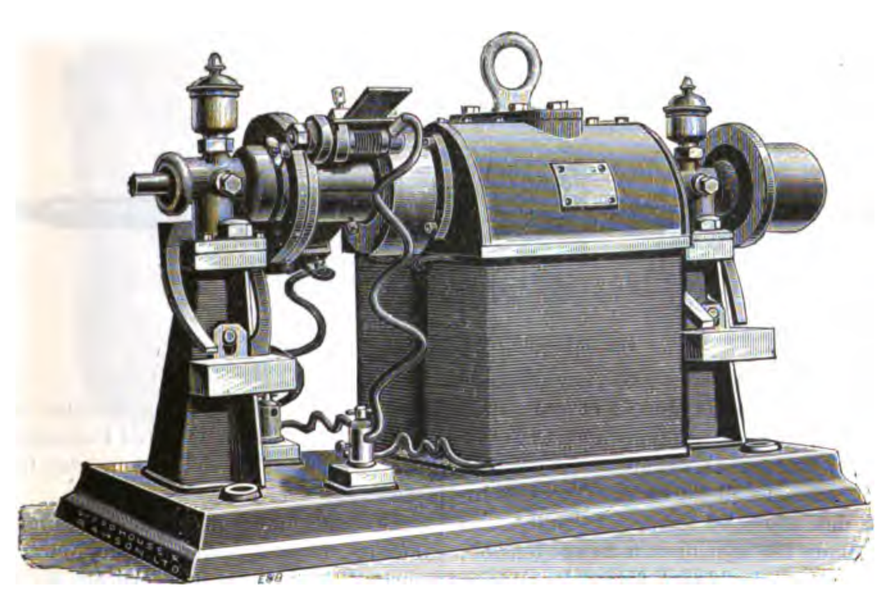


Fig. 551. — Dynamo Woodhouse et Rawson.

M. Picou, directeur des ateliers Edison à Ivry, a fait construire en 1886 un modèle très puissant, qui a été appliqué pour la première fois à l'éclairage de l'Opéra (fig. 549). L'armature est placée entre quatre électro-aimants de forme plus ramassée. Cette machine pèse 10 tonnes, et débite, avec une vitesse de 350 tours par minute, 800 ampères sous 125 volts; elle peut alimenter 1000 lampes de 16 bougies.

Enfin la même Société a mis en circulation

en 1889 une machine du type supérieur (fig. 550) dont l'inducteur est encore plus court et présente une forme analogue à celle des machines décrites plus haut; ce modèle diffère des précédents en ce qu'il est à excitation compound.

Dynamo Woodhouse et Rawson. — Cette machine (fig. 551) est également pourvue d'une armature cylindrique. Elle présente extérieurement la forme de la machine supérieure de Gramme. Elle est plus spécialement destinée à l'électro-métallurgie, mais elle se prête également à l'éclairage par incandescence et par arc et à toutes les autres applications. Elle est d'un maniement facile et peut être confiée à des personnes inexpérimentées. Les inducteurs sont excités en dérivation. La puissance peut varier de 10 à 200 volts.

Dynamo Weston. — L'induit de cette machine (fig. 552) est encore du genre Siemens: il est formé d'une série de disques de tôle,

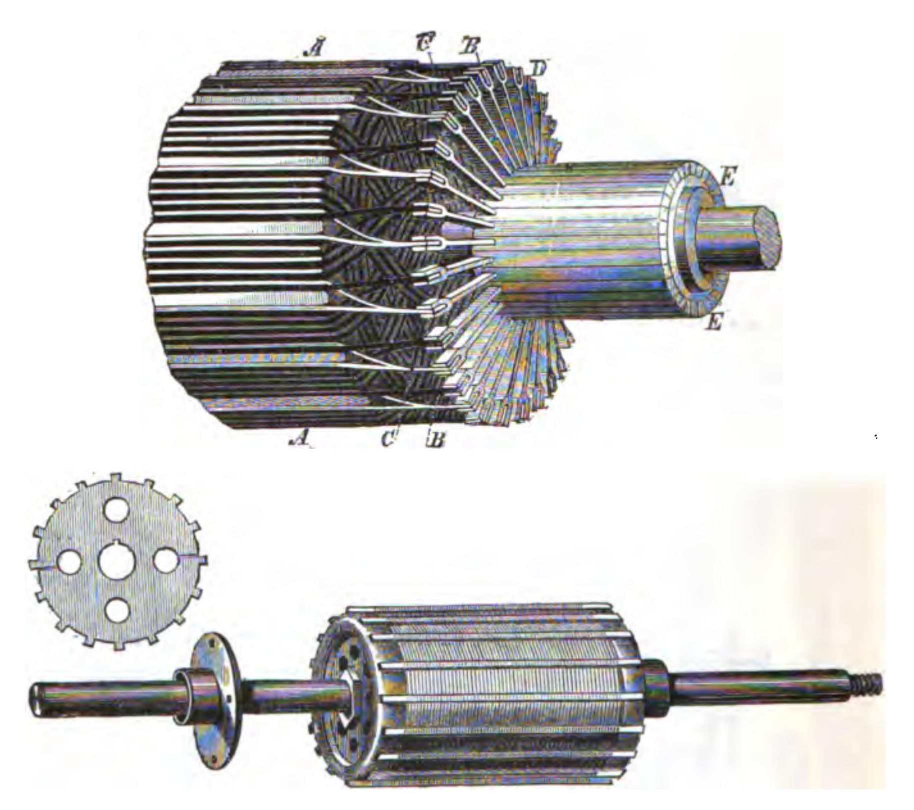


Fig. 552. — Dynamo Weston (détails de l'induit).

munis chacun de seize dents, et percés de trous pour la ventilation: ces disques sont calés sur l'axe, à une petite distance les uns des autres, et isolés. Le fil est enroulé dans les intervalles des dents et forme par suite seize bobines. Dans les machines à haute tension, l'enroulement est double, et forme deux séries de bobines qui sont représentées sur la figure les unes par des traits noirs, les autres par des traits blancs; les bouts libres sont réunis aux lames du collecteur. L'inducteur est formé de deux électro-aimants montés en dérivation et réunis par les pôles de même nom (fig. 553). Les noyaux sont formés de plaques munies d'une série de fentes pour faciliter la ventilation et éviter les courants de Foucault. Les bobines, montées en dérivation, sont très résistantes.

Cette machine, construite par la *United-States Electric Lighting Company*, de New-York, est surtout employée pour l'éclairage par les régulateurs Weston et par les lampes à incandescence Maxim. Elle a, d'après l'auteur, l'avantage de donner une force électromotrice parfaitement constante et indépendante de l'intensité du courant.

Dynamos allemandes. — La dynamo (fig. 554), construite par la *Allgemeine Elektricitäts Gesells-*

chaft, de Berlin, est surtout destinée aux petites installations de lumière. Elle se rapproche des machines Edison. Le bâti, fondu d'une seule pièce, est extrêmement solide. L'inducteur est formé d'un seul électro-aimant, dont les bobines sont placées soit sur une même dérivation, soit sur deux dérivations parallèles, suivant qu'on veut obtenir une différence de potentiel plus ou moins forte (110 ou 65 volts).

Le tambour est analogue à celui des machines

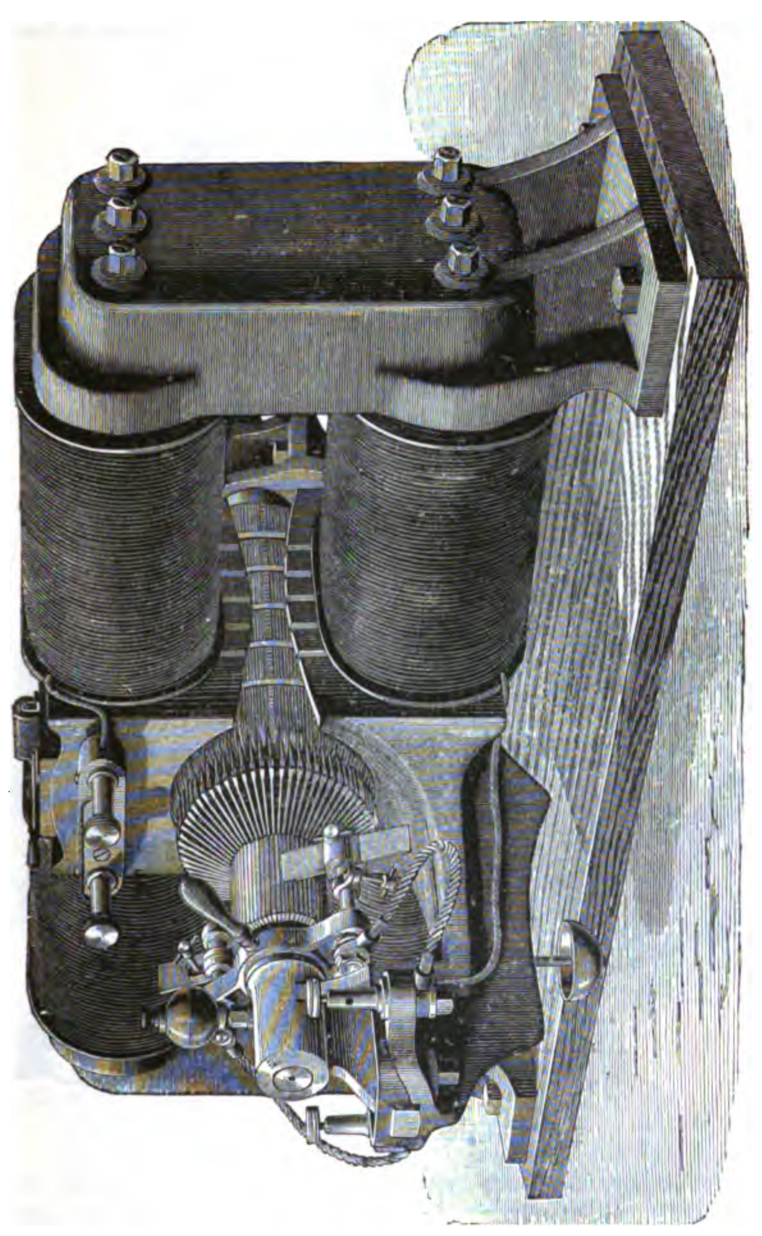


Fig. 553. — Dynamo Weston.

Edison, mais les spires de fil sont enfoncées dans des rainures étroites et profondes, pratiquées dans les plaques de fer qui constituent le noyau ; on réduit ainsi au minimum l'échauffement produit par les courants de Foucault et l'espace vide entre l'armature et les pièces polaires, sans nuire à l'efficacité de la ventilation, et tout en concentrant les masses de fer à la périphérie.

Cette machine fonctionne sans étincelles et

avec une différence de potentiel assez constante pour qu'on n'ait presque pas besoin de déplacer les balais. Enfin elle est munie de glissières, de balais et d'appareils de graissage perfectionnés qui assurent un bon fonctionnement.

Pour les grandes installations, et en particulier pour les stations centrales, la même Société construit des machines multipolaires s'accouplant directement avec le moteur. Les inducteurs de cette machine (fig. 555) sont fixés suivant les rayons d'un grand anneau de fonte. Ils entourent l'induit, formé d'un tambour dont l'enroulement se compose de barres de cuivre

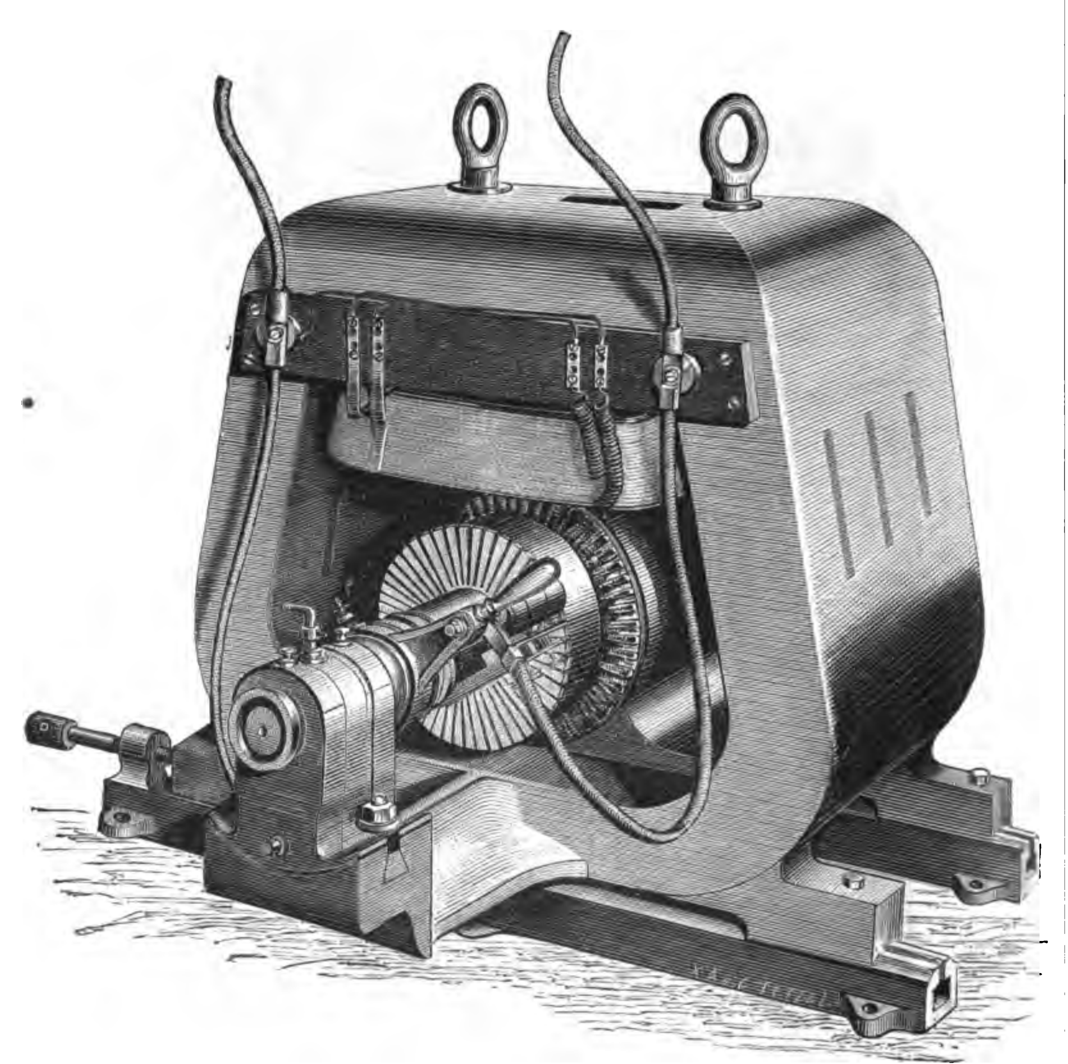


Fig. 554. — Dynamo, modèle G. (Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft, Berlin).

disposées d'une manière spéciale, pour permettre de démonter rapidement le tambour et son collecteur. Le noyau est formé de disques en tôle de fer doux, et l'enroulement est logé dans des rainures latérales. Le collecteur, excessivement robuste, est formé de 480 secteurs. L'induit est calé sur l'arbre même du moteur, ce qui supprime un support spécial et rend le collecteur facilement accessible. Pour éviter les étincelles au collecteur, les surfaces polaires des électro-aimants sont munies d'un anneau cylindrique en fer, d'une épaisseur déterminée, sectionné en plusieurs parties, et qui fait que les changements de polarité dans le fer s'effectuent d'une façon très régulière et sans variation brusque.

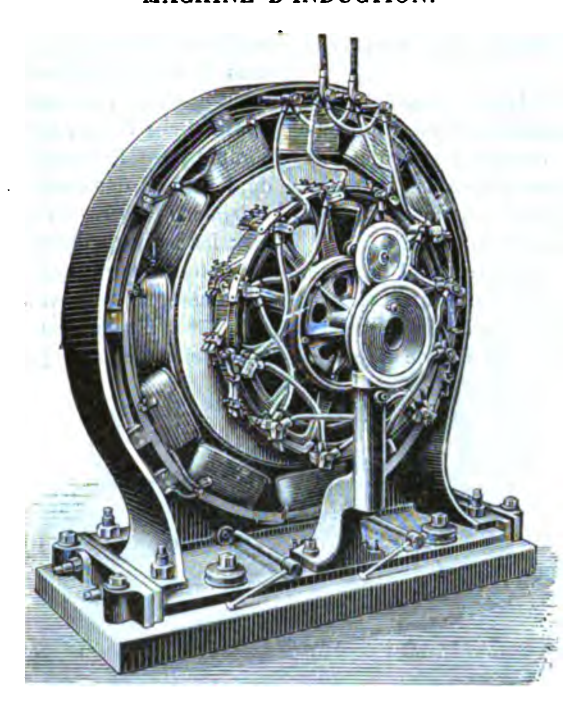


Fig. 555. — Machine multipolaire. (Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft, Berlin).

Dynamo Thury. — La dynamo Thury est multipolaire. La bobine est cylindrique et de grandes dimensions; le fil est enroulé sur un tambour en fer. Elle diffère par quelques détails

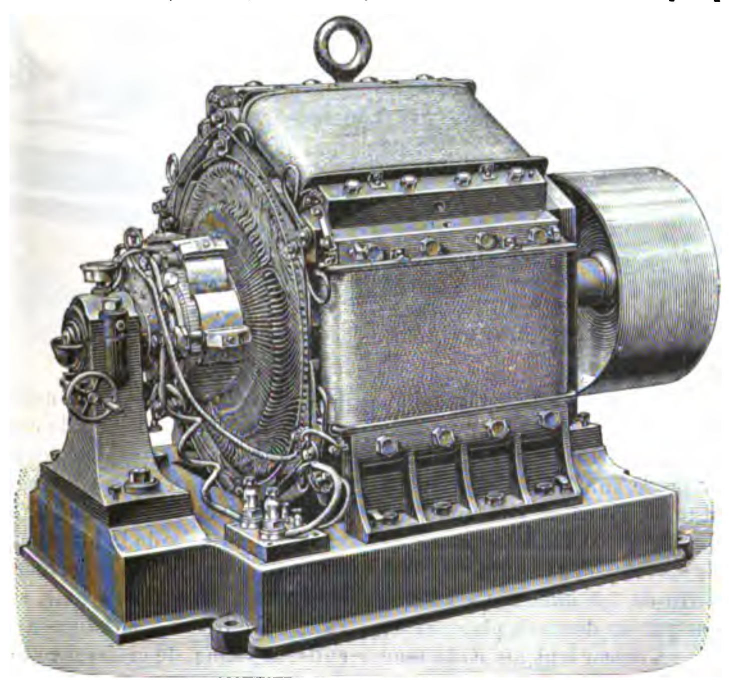


Fig. 556. — Dynamo Thury, type H. (Cuénod, Sautter et Cie, Genève).

de l'armature Siemens. L'inducteur (fig. 556) est formé d'un bâti en fer ayant la forme d'un hexagone régulier. Sur les côtés sont enroulées six bobines. Aux angles intérieurs sont dis-

posées six masses polaires, qui entourent l'induit.

Dans un autre modèle, type C (fig. 557) l'inducteur est formé de quatre électros qui entourent complètement l'induit. L'enroulement est compound. Un volant régularise le mouvement, et sert de ventilateur pour empêcher l'échauffement des différences pièces.

Les machines Thury se distinguent par une très faible résistance intérieure, une vitesse très petite, l'absence complète d'étincelles aux balais. Il résulte de la faible vitesse que ces machines peuvent être accouplées directement avec le moteur par un manchon d'accouplement élastique, ou commandées à l'aide d'une poulie. Dans ce cas, la tension peut être réglée, comme dans les machines précédentes, par le déplacement des châssis.

Dynamo Pieper. — Cette machine est à six pôles : les bobines inductrices sont enroulées en dérivation. Leurs noyaux viennent de fonte avec la culasse, le socle et les supports des paliers (fig. 558). L'armature est du genre Siemens, mais l'enroulement, qui se rapproche beaucoup

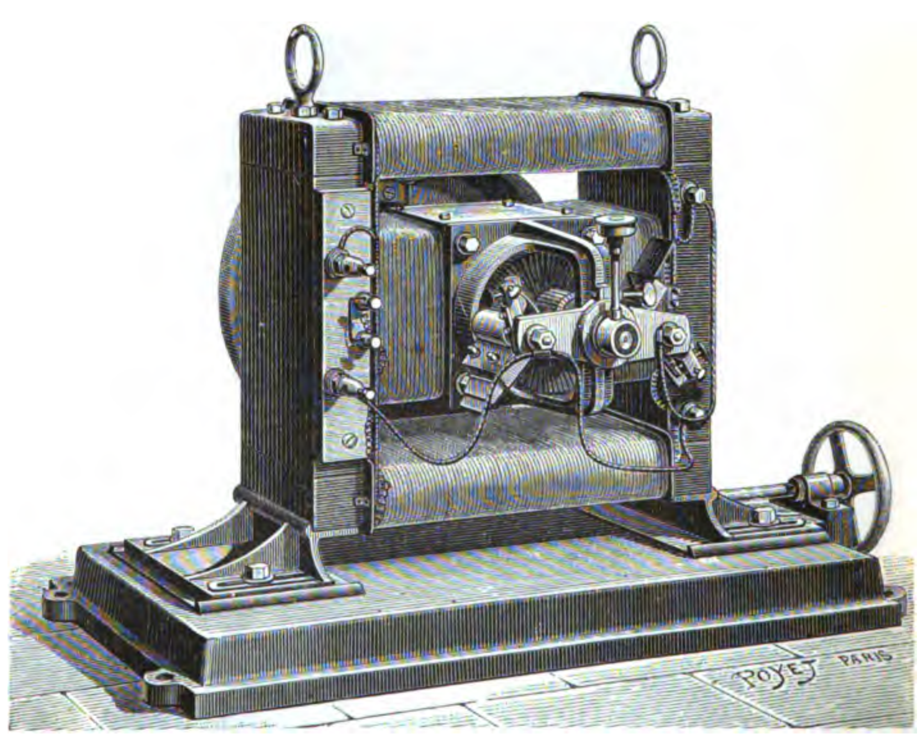


Fig. 557. — Dynamo Thury, type C. (Cuénod, Sautter et Cie, Genève).

de celui de la machine Thury, est modifié, comme dans celle-ci, pour s'accorder avec l'excitation multipolaire. Le fil est enroulé en zigzag; chaque fois qu'il passe sur le fond portant le collecteur, il est mis en contact avec une lame de ce dernier. Le noyau de l'induit, formé de disques en tôle de 0,5 mm. d'épaisseur, est garni de barres de cuivre de 5,5 mm. sur 4,4 mm., isolées et séparées par les dents de plateaux en fibre. Les barres se raccordent au collecteur par des arcs de développante de cercle, seule forme géométrique qni permette de maintenir les conducteurs également séparés. Le rendement électrique est d'environ 95 p. 100.

Dynamo Belfort. — Cette machine, fabriquée par la Société alsacienne de constructions mécaniques, est du type supérieur (fig. 559). L'armature est du système Siemens. Les noyaux des électro-aimants sont en fer ou en fonte suivant l'importance de la question du rendement. La matière isolante du collecteur est supprimée: les barres, disposées à jour, sont isolées par l'air, ce qui évite absolument les courts circuits, et permet de graisser cette pièce à l'huile. Sur les barres fixes de cet organe sont vissées un nombre égal de barres d'acier, sur lesquelles frottent les balais. Cette disposition augmente le prix de revient, mais assure une durée plus

grande et facilite le remplacement des barres. Le socle, très massif, est venu de fonte avec les supports des paliers. Le mode d'excitation peut être modifié très facilement. Ces machines se construisent le plus souvent pour 65 et 110 volts. Les petits modèles donnent un rendement électrique de 90 à 94 p. 100 ; il s'élèverait dans les modèles moyens à 96 et dans les grandes machines à 98,5 p. 100.

Dynamos Helvetia. — La maison Alioth de Bâle, qui construisait dès 1879 une machine très originale, mais qui n'est plus employée

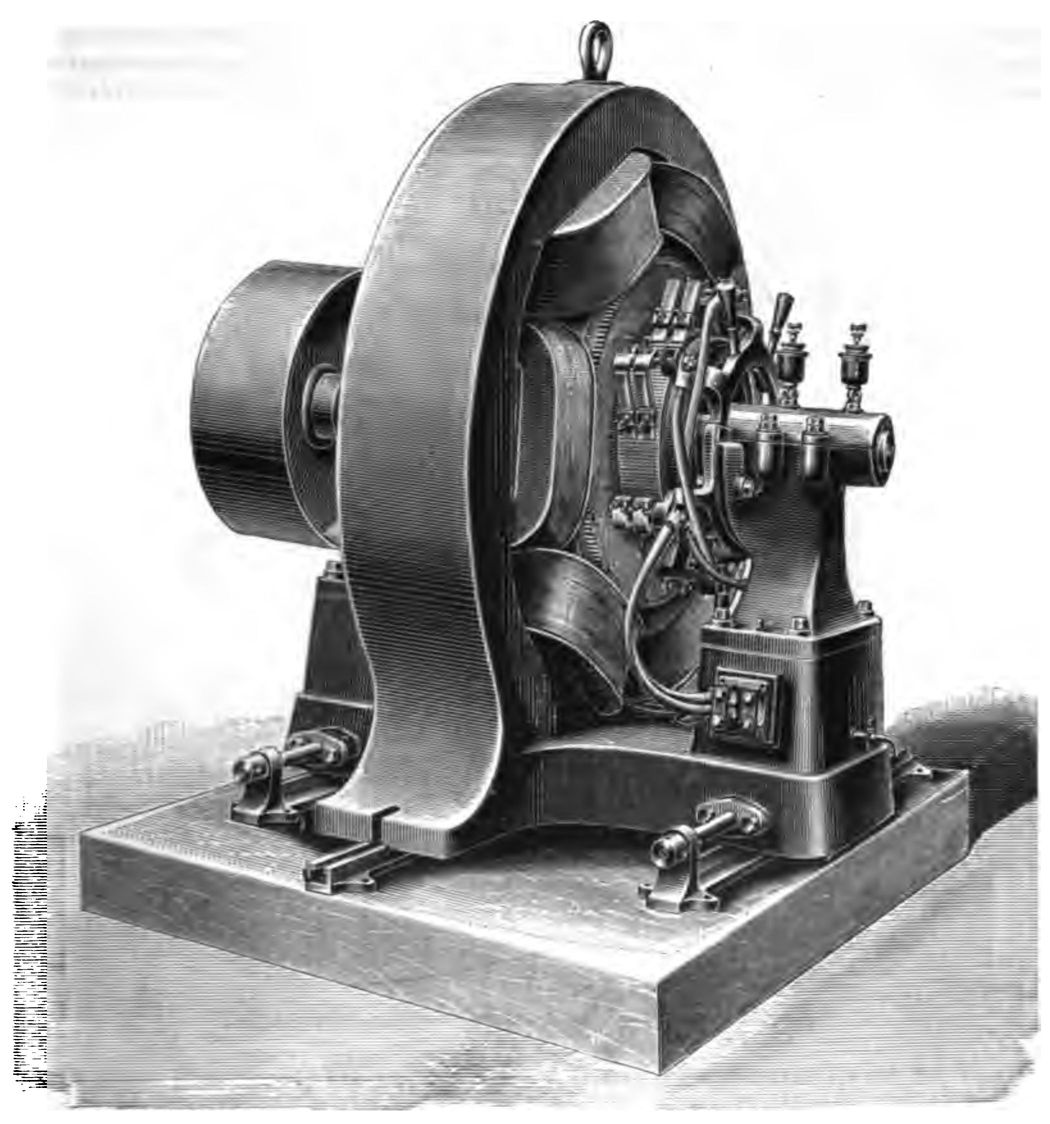


Fig. 558. — Machine Pieper.

aujourd'hui, celle de Burgin, a combiné depuis 1884 un nouveau type, connu sous le nom de dynamo *Helvetia*. A l'Exposition de 1889, un modèle de cette dynamo, donnant 1500 volts et 8 à 9 ampères avec une vitesse de 600 tours, alimentait 30 lampes à arc servant à l'éclairage de la galerie des machines. Un autre modèle, donnant 120 volts et 240 ampères avec une vitesse de 400 tours, alimentait 100 lampes Edison-Swan de 16 bougies et 4 lampes à arc disposées par deux en tension.

Les inducteurs de cette machine, disposés radialement à l'intérieur d'une enveloppe en fonte (fig. 560), présentent quatre pôles al-

ternativement de noms contraires. Au centre tourne l'induit, qui est un tambour du genre Siemens, muni d'un enroulement spécial, suivant qu'on veut obtenir de basses ou de hautes tensions, pour l'incandescence ou pour l'éclairage par arcs en série. Pour l'incandescence, c'est l'enroulement polygonal ordinaire, avec connexions intérieures au collecteur, de sorte que deux balais, placés à 90°, suffisent pour recueillir le courant. Pour l'arc, l'enroulement est modifié de sorte que les bobines ne forment que deux circuits différents, la moitié d'entre elles étant en série.

Dans le type courant, les inducteurs et le corps de la machine sont constitués par deux pièces en fonte, formant une enveloppe pseudo-sphérique. Les paliers et la plaque de fondation viennent de fonte avec la pièce inférieure. Les noyaux des électro-aimants, également en fonte, sont placés à 45° de la verticale et fixés à l'en-

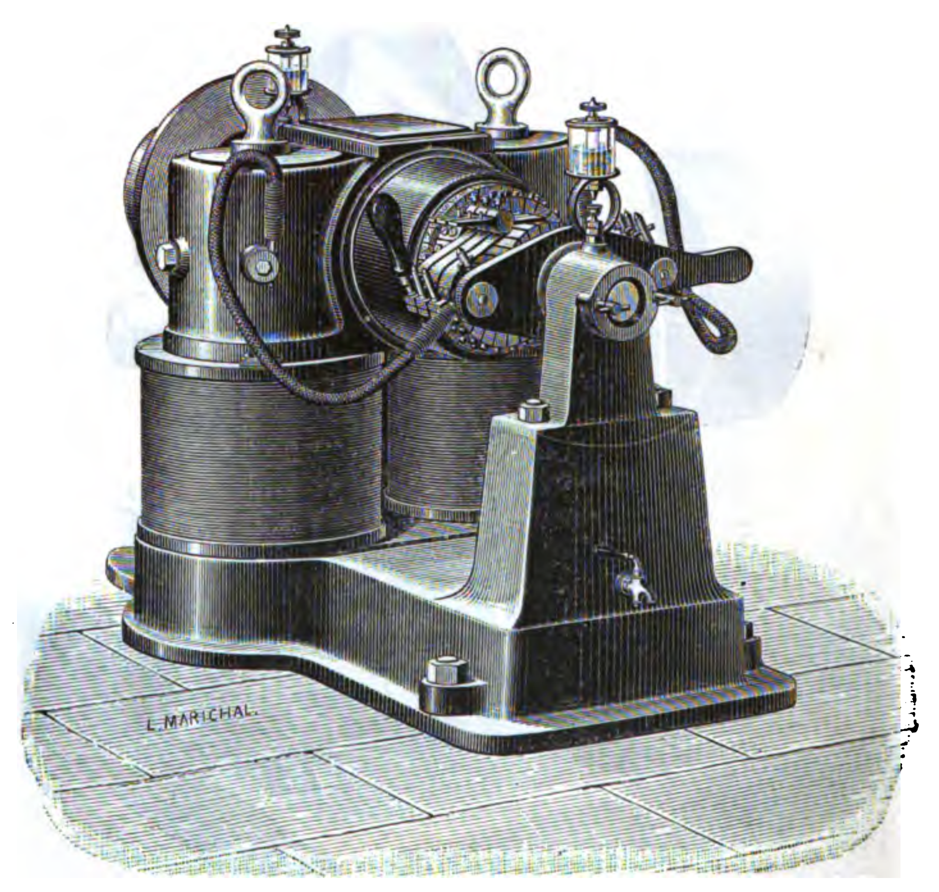


Fig. 559. — Dynamo Belfort (Société alsacienne de constructions mécaniques).

veloppe par des vis extérieures ; le fil inducteur est enroulé diversement sur ces bobines. Dans les machines d'une puissance inférieure à 10 000 watts, l'enveloppe extérieure est d'une seule pièce, et les paliers sont rapportés, pour permettre de placer l'induit. La machine est fermée des deux côtés par des plaques en tôle ajourée.

La figure 561 représente une dynamo compound d'un type un peu différent. Le fil fin des inducteurs est enroulé sur les culasses mêmes des électros, qui portent deux évidements à faces parallèles; le gros fil recouvre seul les pièces rapportées.

Dans toutes ces machines, l'induit a son noyau formé de disques de tôle de 1,5 millimètre d'épaisseur, rivés ensemble par groupes de dix et isolés. Ces groupes sont séparés par des intervalles de 3 millimètres. Ces tôles sont rivées à des pièces de fer fixées sur 6 barres de même métal formant un cylindre creux, pour permettre la circulation de l'air. Les bo-

bines sont constituées par des cadres en fil ou par des barres de section rectangulaire, formées sur un moule, et isolées avec une sorte de papier de soie. Les parties latérales sont en développantes de cercle, pour éviter les croisements. Le collecteur n'offre rien de remarquable, si ce n'est qu'on emploie le papier comme isolant, même avec des tensions de 1700 volts. Les balais sont des bandes de toile métallique. Le rendement électrique est de 92 p. 100 pour les machines destinées à l'incandescence.

Dynamos Rechniewski. — La Société l'Éclairage électrique construit depuis quelque temps plusieurs machines imaginées par M. Rechniewski.

La machine bipolaire (fig. 562) est du type supérieur; l'induit est un tambour de Siemens.

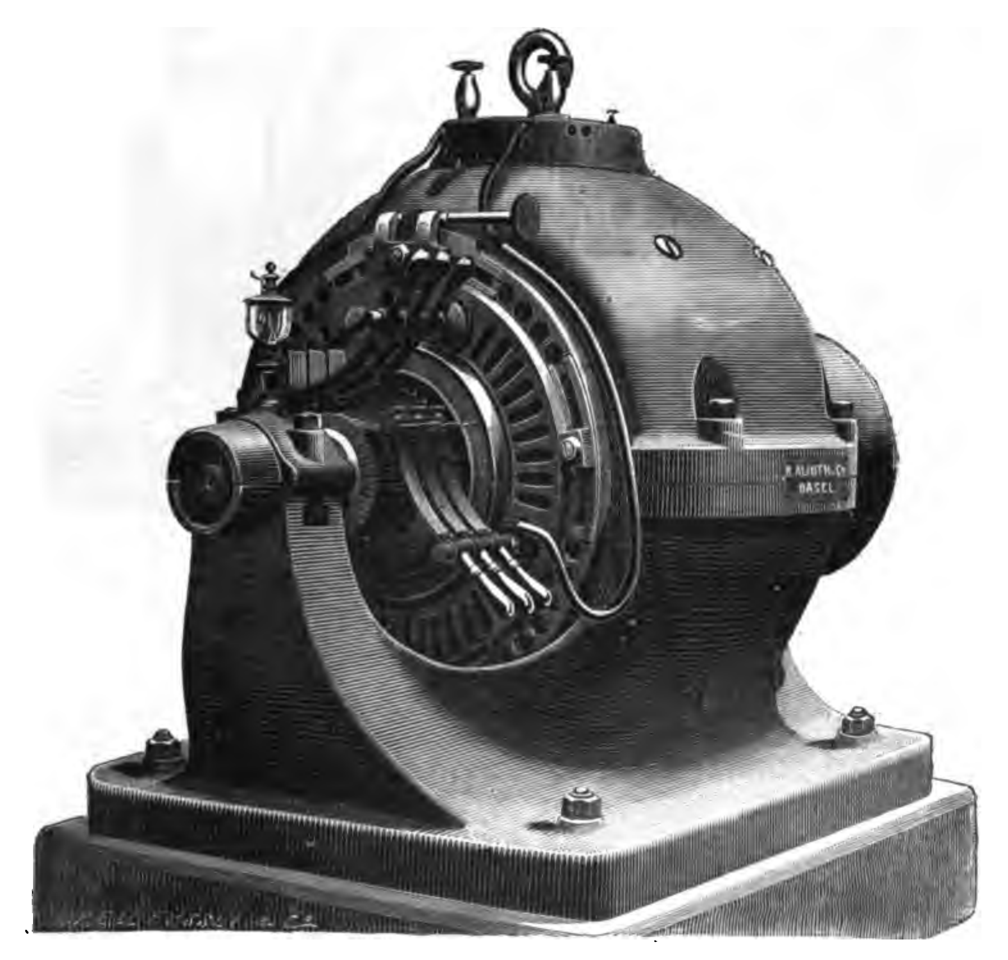


Fig. 560. — Dynamo Helvetia (Alioth et Cie, Bâle).

Les noyaux de l'inducteur et de l'induit sont formés de tôles de fer doux, découpées suivant la forme représentée (fig. 563), isolées par du papier enduit de gomme laque ; *aa* est le noyau de l'inducteur, et *b* celui de l'induit. Pour l'inducteur, les lames de tôle reçoivent des bobines en bois recouvertes de fil de cuivre. Les rondelles de l'induit sont assujetties à un manchon en bronze, calé sur l'arbre et évidé pour empêcher l'échauffement. L'aération est d'ailleurs produite par des ailettes disposées en hélice, et formant pour ainsi dire une turbine qui aspire l'air et le répartit à travers les cavités ménagées dans l'induit. Les bobines de l'armature s'enroulent dans les interstices des dents de tôle. Ces machines vont de 150 à 26 000 watts.

La figure 564 montre la forme adoptée pour les lames de tôle de l'inducteur *aa* et de l'induit *b* pour les machines à quatre pôles allant jusqu'à 36 000 watts. Enfin la figure 565 repré-

sente la forme de ces lames et la disposition des bobines dans les machines à huit pôles, qui vont jusqu'à 120 000 watts. Ces mach... montées sur glissières. L'enroulemen...

Fig. 561. — Dynamo compound Helvetia (Alioth et Cie, Bâle).

neau est analogue à celui des machines Gramme; il est formé de ruban de cuivre.

Les machines bipolaires marchent ordinairement à 1 200 tours; elles ont un rend... électrique de 88 à 95 p. 100. Les ma... à 8 pôles ne font que 300 tours.

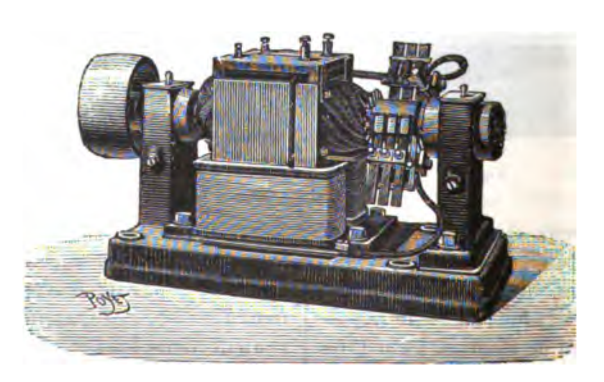


Fig. 562. — Machine bipolaire Rechniewski.

Dynamo multipolaire Desroziers. — Dans cette machine, inventée en 1888 et exposée en 1889 par la maison Bréguet, M. Desroziers a ch... à obtenir un courant sensiblement contin...

une armature en forme de disque, disposition qui n'a été, jusqu'à présent, appliquée qu'aux machines à courants alternatifs.

L'inducteur (fig. 566) est formé de deux rangées d'électro-aimants, en général six de chaque côté, placés en regard, et présentant au disque

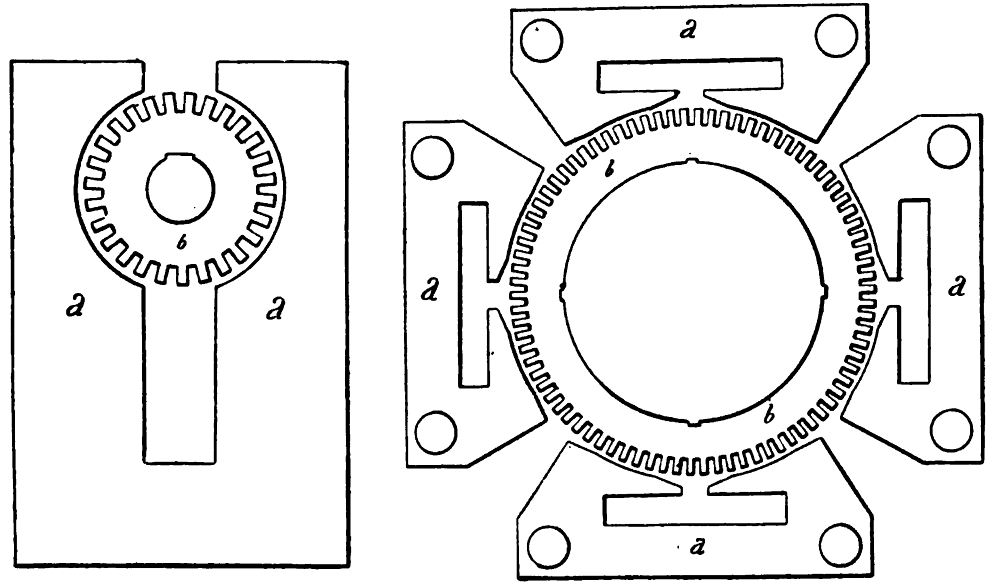


Fig. 563. — Lames de tôle de l'inducteur et de l'induit.

Fig. 564. — Lames de tôle des machines de 36 000 watts.

des pôles alternativement de noms contraires.

Entre ces deux séries d'électros tourne l'induit, qui est constitué par deux plateaux non magnétiques (fig. 567) sur lesquels le fil est disposé suivant un tracé composé de rayons et de développantes. Les éléments partant des di-

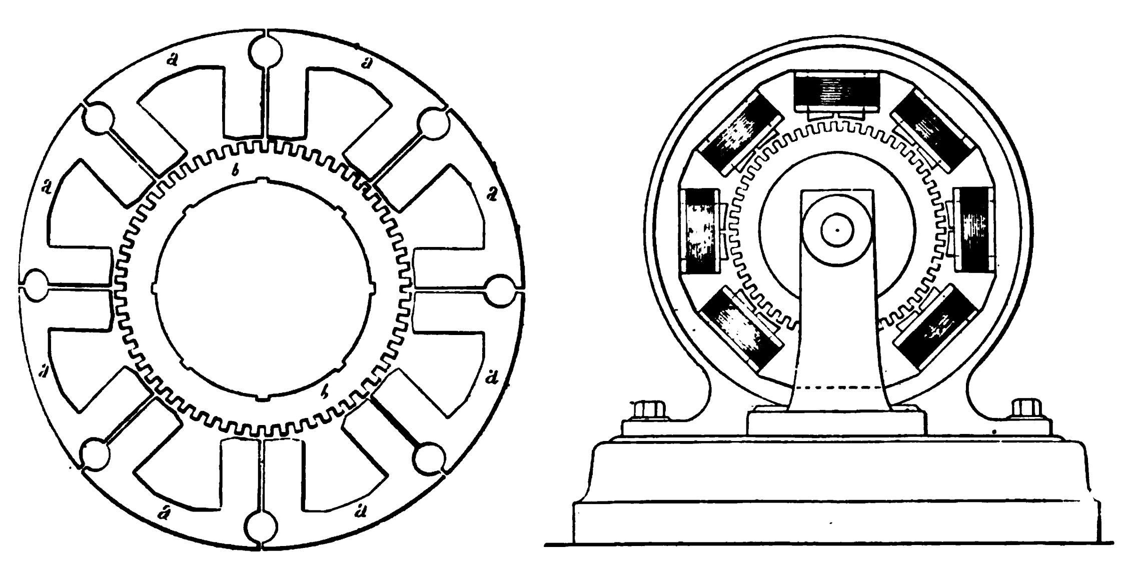


Fig. 565. — Machine multipolaire Rochuiewski.

visions impaires de la circonférence sont tous identiques entre eux ; il en est de même des éléments partant des divisions paires. Les uns et les autres peuvent donc être classés ensemble et placés par séries d'éléments orientés convenablement dans des plans parallèles sur

les deux plateaux. Les deux couronnes sont alors réunies face à face, de manière que les parties radiales soient juxtaposées, pour puisse faire les ligatures à la circonféren-

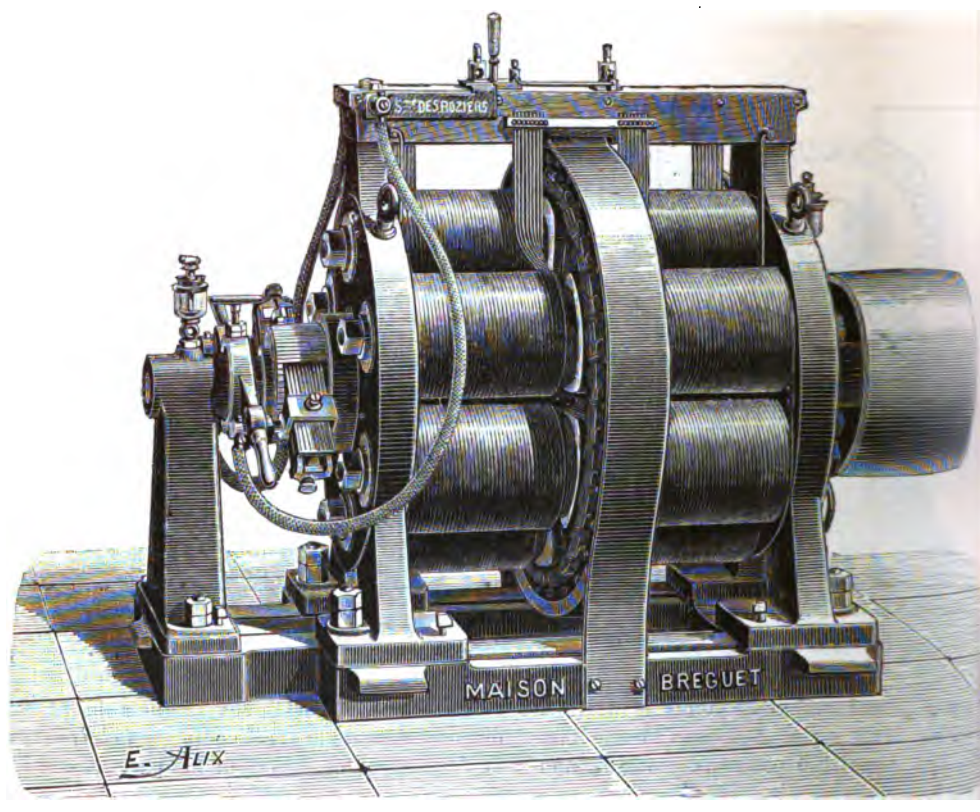


Fig. 566. — Dynamo multipolaire Desroziers.

points *t* et fermer le circuit induit. Les couronnes sont percées de trous destinés au passage des raccords. Le collecteur est analo- celui des machines Gramme. Deux balais

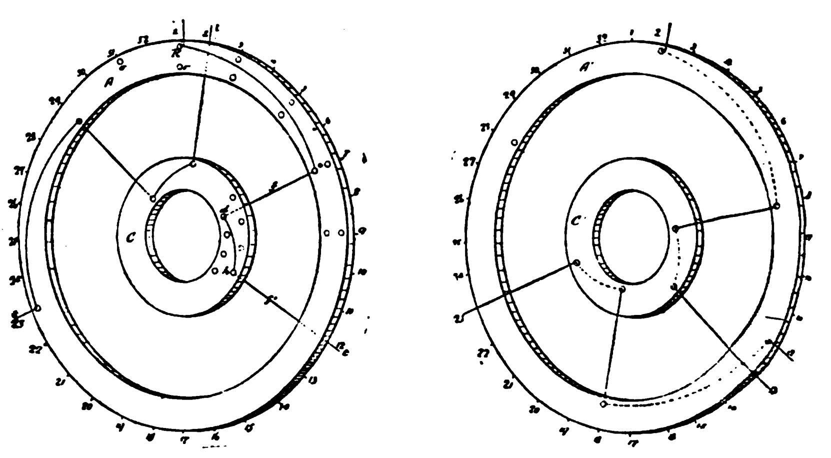


Fig. 567. — Enroulement de l'induit.

sent pour recueillir le courant. Dans les petites machines, où la variation du flux est très rapide, l'enroulement a été légèrement mo- pour éviter la production d'étincelles.

La légèreté de l'induit permet d'arriver à des vitesses doubles de celles employées d'ordinaire.

Dynamo Lahmeyer. — Cette machine est caractérisée surtout par la forme du circuit inducteur. Elle est constituée par une carcasse rectangulaire en fonte, à l'intérieur de laquelle font saillie deux appendices polaires horizontaux, venus de fonte avec la carcasse. Ces appendices, sur lesquels s'enroulent les bobines inductrices, entourent l'induit chacun sur un angle de 90°. Cette disposition réduit au minimum la perte résultant de la dispersion extérieure des lignes de force, et la machine n'exerce aucune influence sur les appareils de mesure qui l'avoisinent (fig. 568).

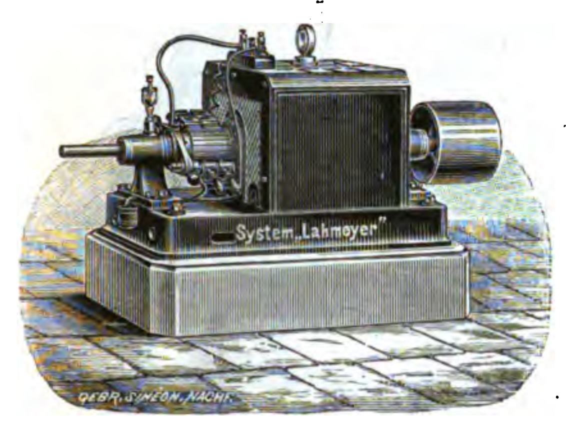


Fig. 568. — Dynamo Lahmeyer.

L'induit est un tambour denté, dont le noyau est formé de rondelles de tôle mince, séparées par du papier, et maintenues par des boulons isolés. Il ne porte, autant que possible, qu'une seule couche de fil, pour diminuer l'échauffement. Des ouvertures pratiquées dans le bâti assurent la circulation de l'air. Deux tôles perforées ferment la machine et garantissent l'induit.

Ces machines sont surtout employées pour les distributions à deux fils en dérivation. Un procédé de réglage automatique, fondé sur l'emploi d'une machine supplémentaire, permet de faire varier la différence de potentiel à l'origine des feeders, suivant la consommation, de façon à la maintenir constante au point de consommation.

Machines à courants redressés. — *Dynamo Brush.* — L'inducteur (fig. 569) est formé de deux électro-aimants plats, à pôles épanouis, excités en dérivation, comme dans la machine Siemens ; les pôles placés en regard sont de même nom.

Le noyau de l'induit est formé d'un long ruban de tôle de 1 mm. enroulé en spirale ; entre les différentes couches de ce ruban sont intercalées de petites lames de fer, qui dépassent de part et d'autre. Les bobines induites sont logées entre ces plaques. Cette division de la masse métallique diminue les courants de Foucault.

Cet anneau n'est pas semblable à celui de Gramme. Il y a huit ou dix bobines, qui sont enroulées dans le même sens et groupées deux à deux, les bobines diamétralement opposées étant réunies par leurs extrémités intérieures ; les bouts extérieurs traversent l'arbre et vont s'attacher au commutateur.

Celui-ci est formé, suivant le nombre de bobines, de quatre ou six anneaux plats isolés, communiquant chacun avec une paire de bobines, et disposés en groupes de deux, chaque groupe correspondant à deux paires de bobines disposées sur des diamètres rectangulaires. Enfin chaque anneau est muni d'un balai.

Chaque anneau est formé de trois secteurs distincts : aux deux plus grands s'attachent les fils des deux bobines. Le troisième est isolé ; quand il touche le balai, les deux bobines sont mises en court circuit, ce qui a lieu au moment où elles ne donnent pas de courant, et ne forment qu'une résistance inutile.

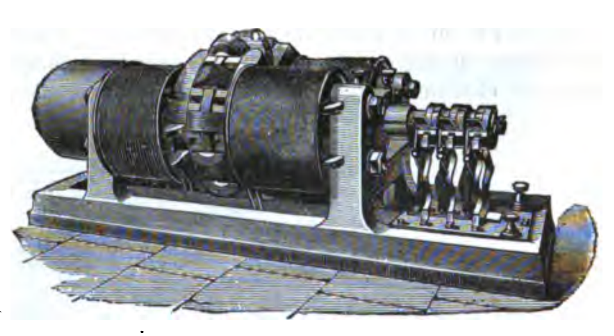


Fig. 569. — Dynamo Brush.

Les deux anneaux d'un même groupe correspondent aux deux paires de bobines placées à angle droit, et les deux secteurs isolés sont eux-mêmes à angle droit. Chaque paire de bobines donne d'ailleurs un courant maximum quand elle passe devant les pôles, et nul quand elle se trouve à 90° de cette position. Il y a donc pour un groupe huit périodes successives,

pendant lesquelles la première paire agit seule, puis les deux paires, réunies en quantité, agissent ensemble ; la seconde paire agit ensuite, puis les deux ensemble, etc.

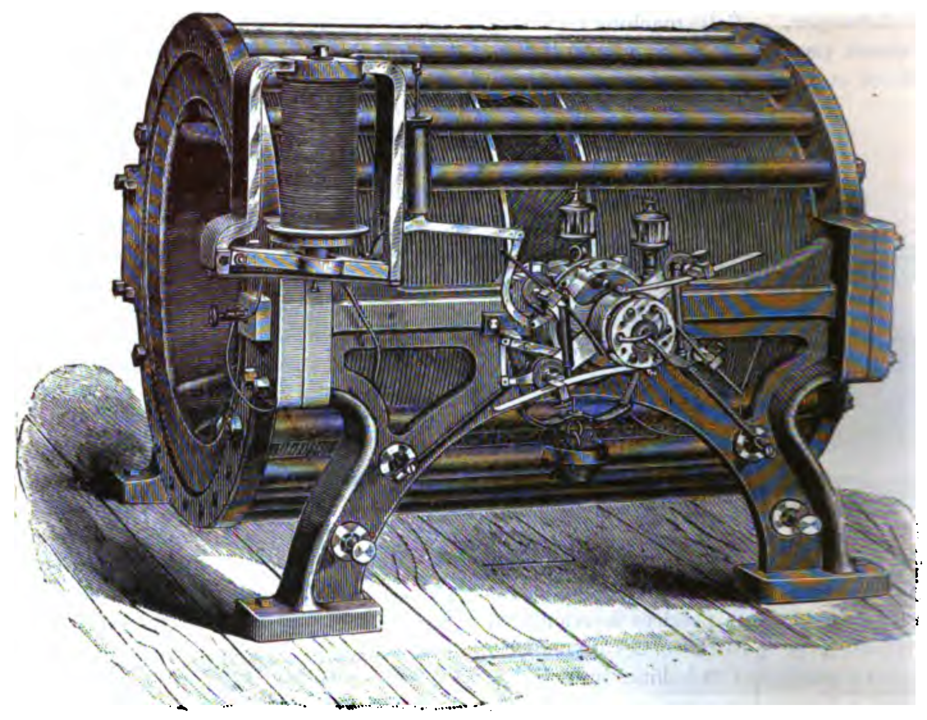


Fig. 570. — Dynamo Thomson-Houston pour lampes à arc.

Les quatre ou six paires de bobines forment en somme quatre ou six machines séparées, donnant chacune des courants alternatifs. Le commutateur redresse ces courants et les transforme en un courant continu.

Dynamos Thomson-Houston. — La dynamo Thomson-Houston pour lampes à arc (fig. 570), imaginée en 1880, est très répandue en Amérique, mais elle n'a été introduite en Europe que récemment.

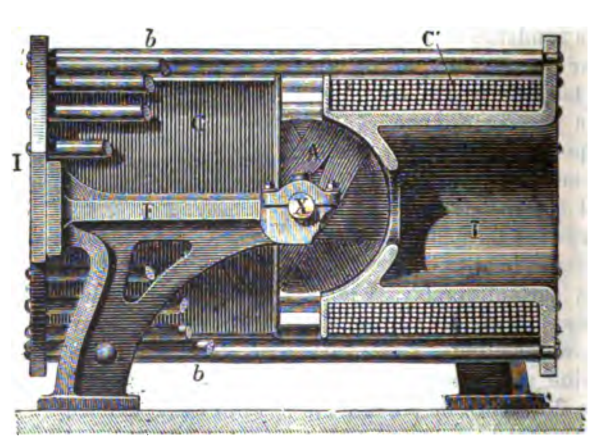
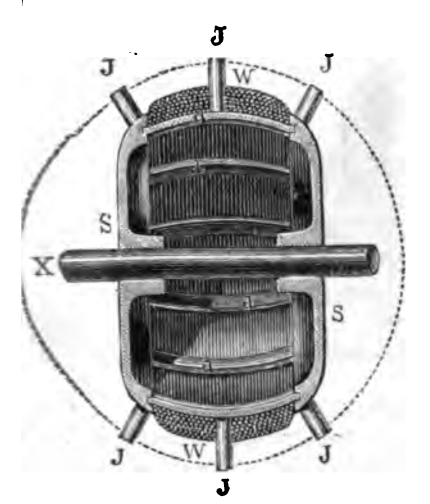


Fig. 571. — Dynamo Thomson-Houston (coupe).

L'inducteur est formé de deux électro-aimants placés sur le prolongement l'un de l'autre. Ces électros se composent d'un cylindre creux en fer, terminé vers l'intérieur par

›ncave et hémisphérique, et sur lequel ıle le fil (fig. 571). L'intervalle des deux ›s laisse le passage nécessaire pour l'axe duit, qui est à peu près sphérique et en- par les faces concaves des noyaux. Des barres de fer longitudinales maintiennent et protègent les bobines et mettent le champ à l'abri des influences extérieures. Les électros sont excités en série.

L'induit (fig. 572) est composé d'une carcasse



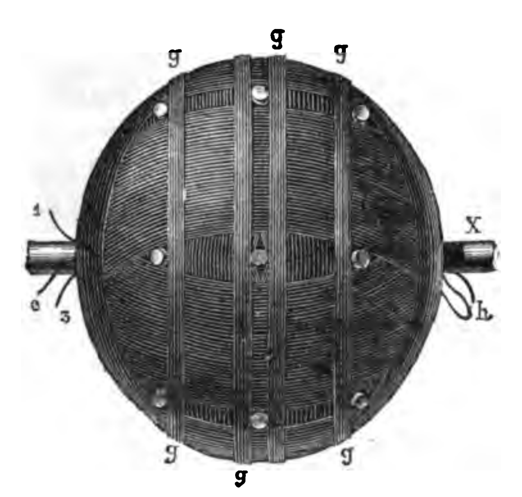


Fig. 572. — Induit de la machine Thomson-Houston.

nte, dont les deux moitiés SS sont réunies le petites barres de fer *dd*, et sur laquelle oule le fil de fer W qui forme le noyau. i-ci est recouvert de papier isolant, puis on ule le fil de cuivre, qui est maintenu par les chevilles de bois JJ, et divisé en trois bobines, inclinées l'une sur l'autre de 120°, et maintenues par de gros fils de laiton *gg*. Pour placer ces bobines dans des conditions parfaitement symétriques, on enroule d'abord la

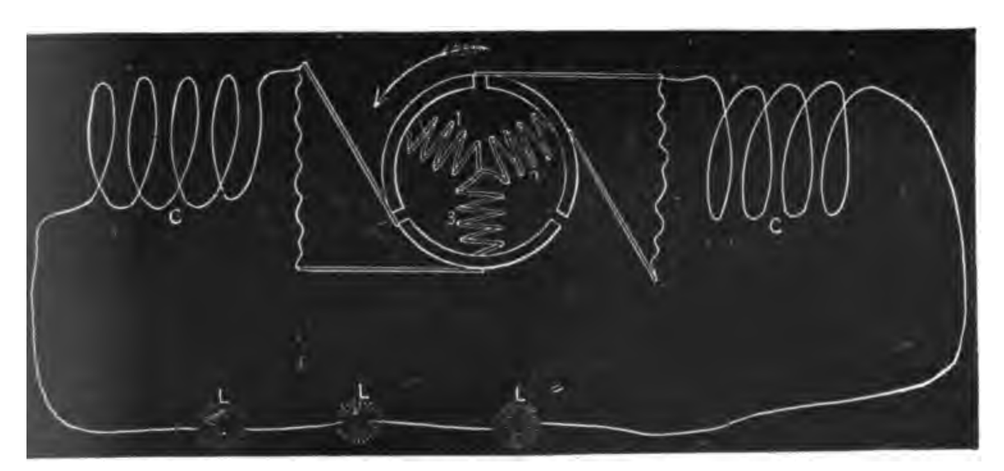


Fig. 5"3. — Diagramme du commutateur Thomson-Houston.

itié de la première bobine, puis la moitié de seconde, toute la troisième, la dernière itié de la seconde, et enfin le reste de la mière. Les entrées des trois fils sont sou- ›s en *h*, et les trois sorties 1, 2, 3 se rendent commutateur.

Les trois bobines représentent trois anneaux circulaires, inclinés de 120°, et donnent naissance chacune à un courant qui change de sens deux fois par tour, au moment où la bobine traverse le plan perpendiculaire à l'axe de l'inducteur.

Le commutateur (fig. 573), destiné à recueillir et à redresser ces courants, est très simple; il se compose d'un anneau métallique divisé en trois segments égaux et isolés; chacun de ces

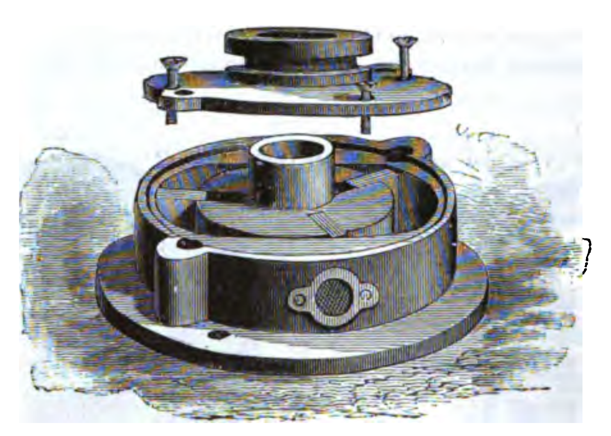


Fig. 574. — Soufflerie des dynamos Thomson-Houston.

segments est relié à l'extrémité d'une des bobines 1, 2, 3. Sur cet appareil frottent quatre balais, divisés en deux paires, placées chacune aux extrémités d'un même diamètre. Ces deux diamètres forment un angle de 60°. Chaque balai de la première paire est relié au balai le

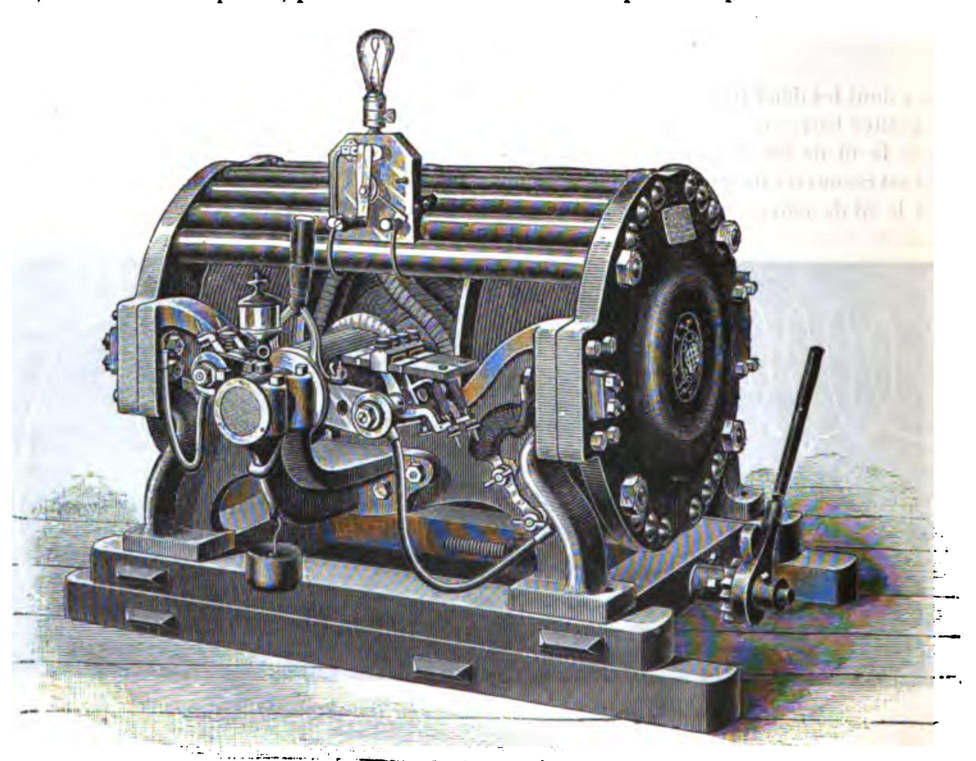


Fig. 575. — Dynamo Thomson-Houston pour l'incandescence.

plus voisin de la seconde, de sorte qu'il y a deux balais positifs distants de 60° et deux balais négatifs, séparés par une distance égale. De cette manière, il y a toujours deux des bobines réunies en quantité et reliées en tension avec la troisième.

Lorsque la force électromotrice devient trop forte, par exemple par l'extinction d'un certain nombre de foyers, on la ramène à sa valeur normale en déplaçant les deux paires de balais en sens inverse l'une de l'autre, de sorte que la distance des deux balais de même signe devient supérieure à 60° ; les trois bobines se trouvent en court circuit, et la production d'électricité cesse pendant un temps d'autant plus long que le décalage des balais a été plus grand. Pendant ce temps, l'inducteur se désaimante un peu et donne un courant qui prolonge celui des bobines.

Ce décalage des balais est produit automatiquement par un régulateur (voy. ce mot) qu'on voit à gauche (fig. 570) et que nous décrivons plus loin.

Pour empêcher l'usure du collecteur par les

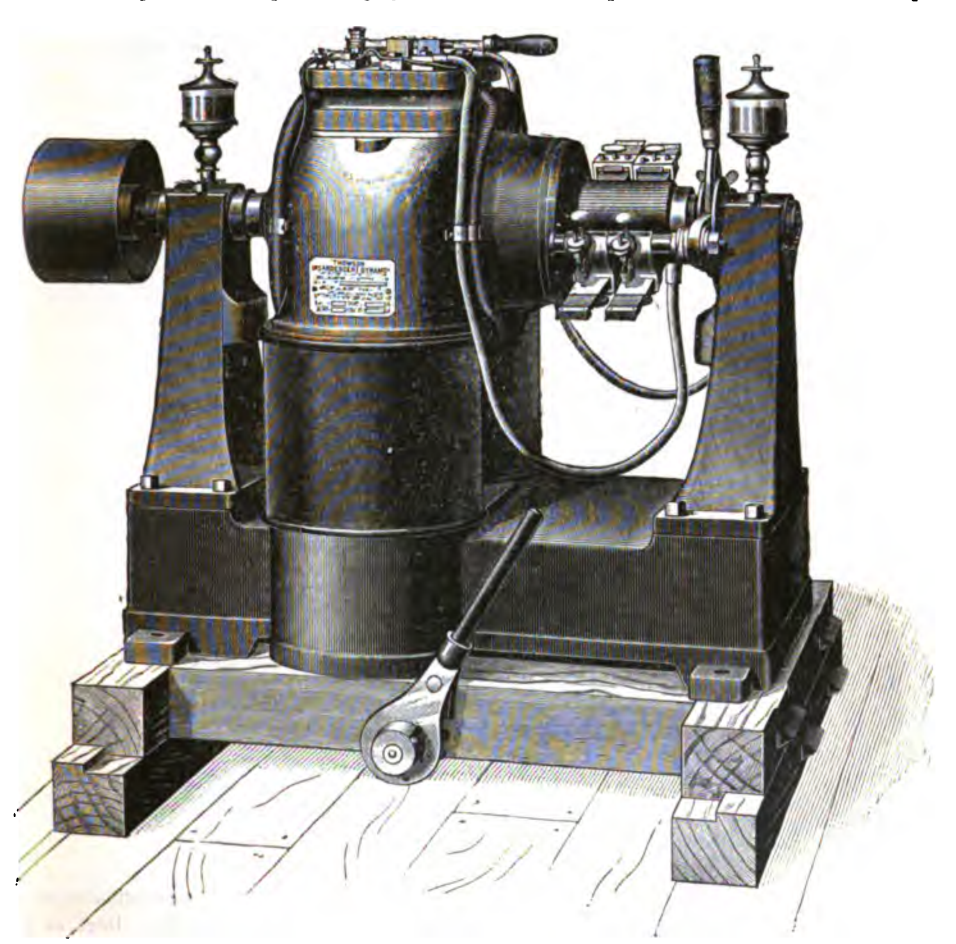


Fig. 576. — Machine Thomson-Houston pour l'incandescence.

étincelles, M. Thomson projette un mince jet d'air d'une grande violence sur les fentes du commutateur, chaque fois qu'elles passent devant les balais, c'est-à-dire six fois par tour (voy. EXTINCTEUR D'ÉTINCELLES). On peut alors graisser le collecteur sans craindre que les poussières métalliques viennent à relier les segments. La fig. 574 représente la petite soufflerie destinée à cet usage.

Cette machine, qui est d'une grande originalité, est employée à alimenter des lampes à arc en série ; grâce au régulateur, elle donne un courant dont l'intensité est indépendante du nombre des foyers, et, entre certaines limites, de la vitesse de rotation. Ces machines donnent jusqu'à 2500 volts et 9,6 ampères avec une vitesse de 820 tours.

La machine Thomson-Houston pour lampes à incandescence (fig. 575) ressemble beaucoup à la précédente par l'aspect extérieur, mais elle en diffère par beaucoup de points. L'excitation est compound. L'induit est du système Siemens,

et son noyau est formé de disques de tôle douce superposés. Enfin le régulateur et le ventilateur sont supprimés.

Ces machines donnent des différences de potentiel de 75, 110 et 150 volts.

La figure 576 représente un autre modèle de dynamo, du type supérieur, également destiné à l'incandescence. Elle se règle automatiquement, sans qu'il y ait besoin d'intercaler aucune résistance dans le circuit, lorsqu'on éteint un certain nombre de lampes. La marche est régulière et l'on n'a pas d'étincelles aux balais. Le levier qu'on voit au bas de la machine sert à tendre la courroie lorsque c'est nécessaire.

Machines à courants alternatifs. — *Dynamo Gramme.* — Dans la machine Gramme à courants alternatifs, l'induit est fixe et l'inducteur mobile (fig. 577). Le premier a la forme d'un cylindre creux; il est divisé en bobines, comme l'anneau de la machine à courant continu. L'inducteur est formé de huit électro-aimants disposés radialement, de façon que les pôles extérieurs soient alternativement de noms contraires; il tourne à l'intérieur de l'armature et

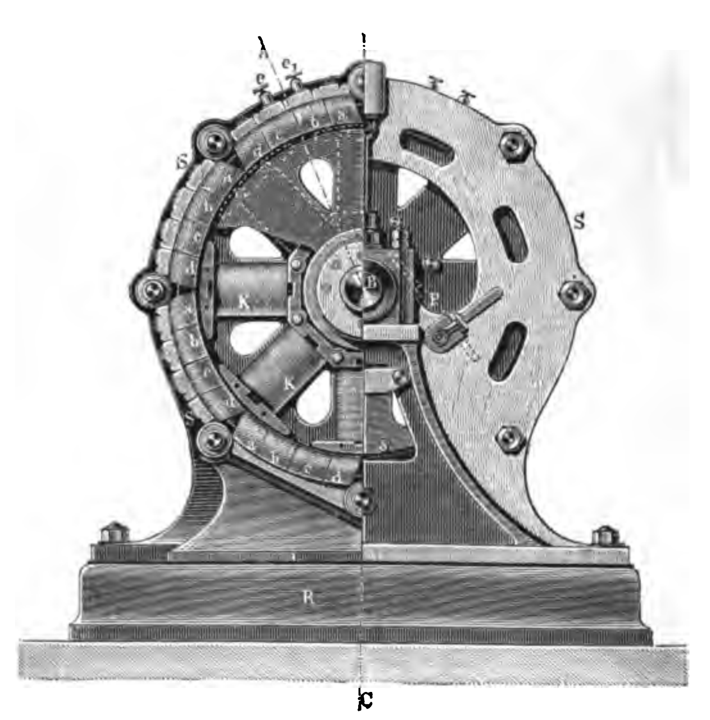


Fig. 577. — Machine Gramme à courants alternatifs.

reçoit le courant excitateur par deux anneaux isolés fixés sur son arbre et sur lesquels frottent deux balais.

A l'origine, ce courant était fourni par une machine séparée. La machine actuelle (fig. 578) est auto-excitatrice; elle forme en réalité deux machines distinctes, montées sur le même axe, et dont l'une, à courant continu, sert d'excitatrice. La position fixe de l'induit supprime le collecteur.

Cette machine est employée par la Société l'Éclairage électrique pour alimenter les foyers Jablochkoff. Elle consomme un cheval par bougie.

Dynamo Zipernowsky. — Cette machine, qui sert à alimenter les transformateurs secondaires de MM. Zipernowsky, Déri et Blathy, a, comme la précédente, l'inducteur mobile et l'armature fixe. L'inducteur est encore formé de bobines disposées radialement. L'induit (fig. 579) est un cylindre formé de bandes en fer plat maintenues par des anneaux de bois. A l'intérieur de ce cylindre sont placées des bobines, en nombre égal à celui des inducteurs, et dont les noyaux, constitués par un fer plat forgé en zigzag, sont parallèles aux génératrices. On fait usage avec ces machines d'une excitatrice indépendante.

Dynamo Heisler. — La dynamo Heisler est très employée en Amérique pour des distributions

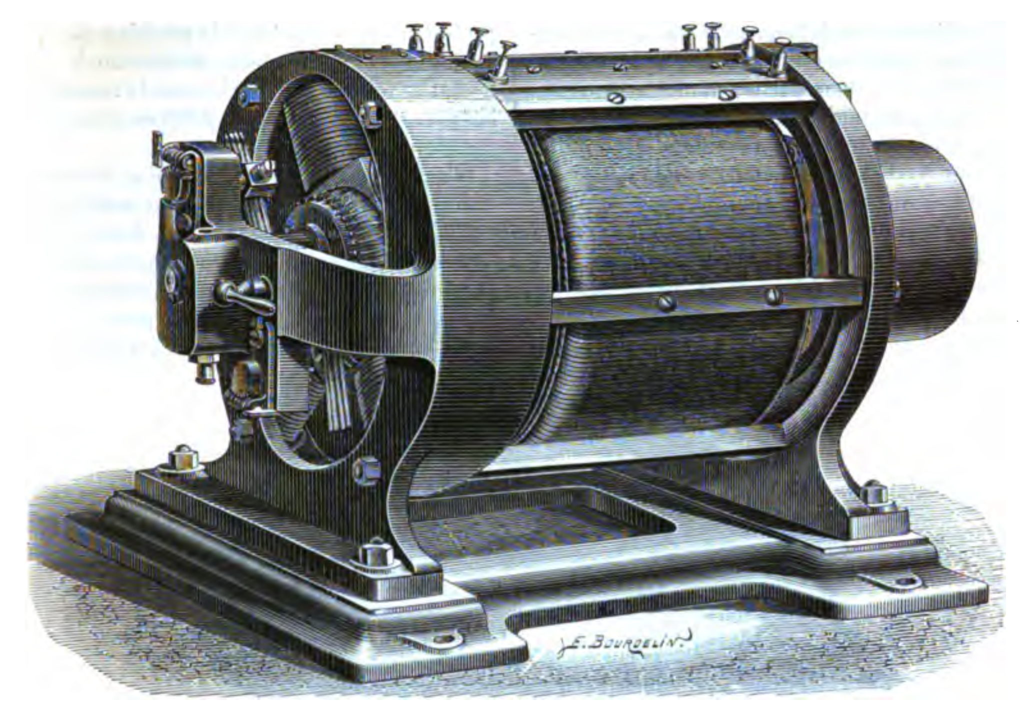


Fig. 578. — Machine Gramme auto-excitatrice.

à intensité constante. Elle ressemble beaucoup à la machine Gramme (fig. 578), et donne comme elle des courants alternatifs. Elle se compose aussi de deux machines montées sur

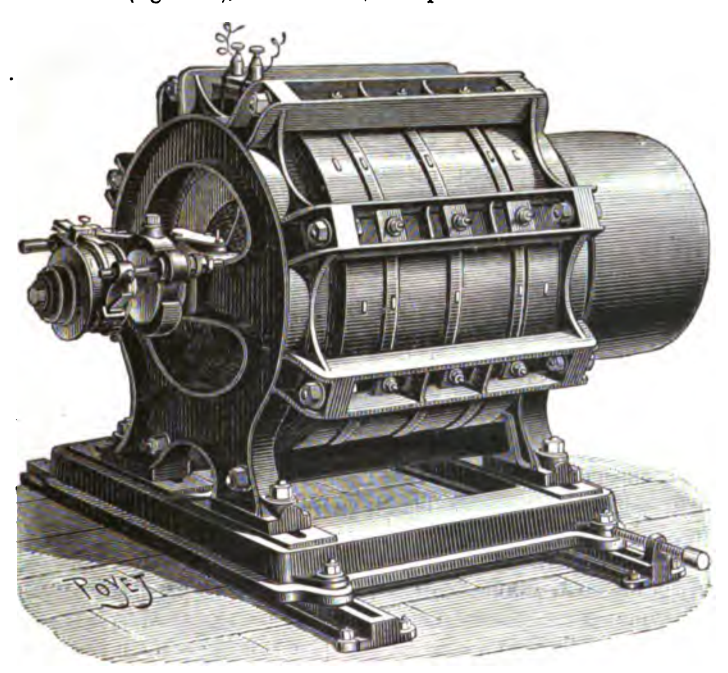


Fig. 579. — Machine Zipernowsky (Compagnie continentale Edison).

le même axe, et dont l'une sert d'excitatrice. Celle-ci est formée d'un anneau Gramme avec son collecteur, tournant entre des inducteurs fixes. Sur l'arbre qui porte cet anneau

sont calés un ventilateur, puis un pignon portant des inducteurs rayonnants, dont les fils sont divisés en deux parties montées en quantité. Ces inducteurs sont ceux de la machine principale : ils tournent au milieu des induits, qui sont fixes. Le courant d'excitation produit par l'anneau sort par une borne, traverse l'électro, revient à une bague métallique fixée sur l'axe et sur laquelle frotte un balai, traverse un fil extérieur, et de là arrive aux inducteurs à pignon. L'anneau et les inducteurs sont tous montés en tension. Une enveloppe protectrice recouvre toute la mach...

L'intensité est toujours mainten... pères; le voltage seul varie avec l... lampes. Pour le type H, la différen... tiel atteint 3 500 volts.

Dynamo Siemens. — La machin... courants alternatifs (fig. 581) est m...

L'inducteur est composé de de... d'électro-aimants horizontaux plac... et dont les pôles alternent. L'arm... forme de disque, est constituée par ... ques métalliques, maintenues écart...

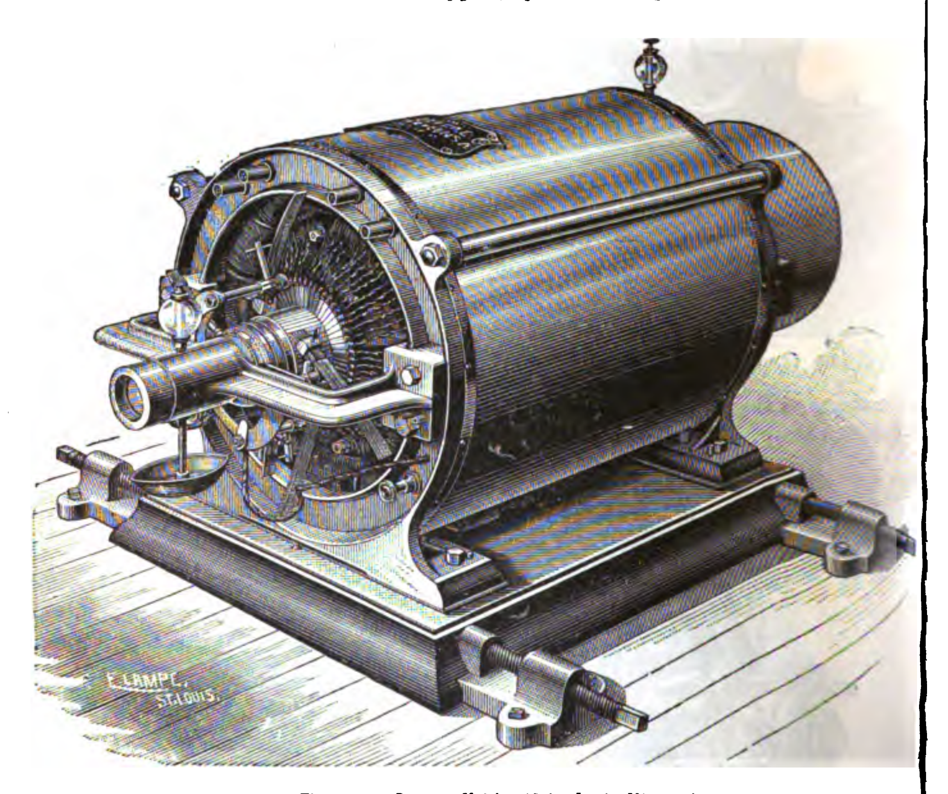


Fig. 580. — Dynamo Heisler (Saint-Louis, Missouri).

entretoises en bois, servant de noyaux aux bobines. Cette armature est très légère et ne s'échauffe pas vite, à cause de l'absence de fer. Les extrémités du fil induit aboutissent à deux bagues métalliques, calées sur l'arbre, et sur lesquelles frottent deux balais. Les bobines de l'induit peuvent être groupées de manière à donner un courant de tension ou de quantité. Cette machine est excitée par une dynamo à courant continu de la même maison.

Dynamo Westinghouse. — La Compagnie américaine Westinghouse emploie, pour alimenter des transformateurs secondaires, des machines étudiées par un de ses ingénieurs, M. ... Ces machines ont comme inducteurs ... bines disposées à l'intérieur d'un tamb... présentant alternativement des pôles ... contraires (fig. 582); l'une de ces b... voit en *f* sur la coupe, où l'armature ... représentée en perspective. Celle-ci ... de disques en fer superposés et sépar... papier isolant; ces disques sont percés ... pour les alléger et pour permettre l'aér...

Ce cylindre, revêtu d'une enveloppe ... reçoit sur son pourtour des lames non ... ques sur lesquelles les bobines sont ...

lat et maintenues par deux bandes de , j^2. Ces bobines sont en nombre égal à celui des inducteurs, et le sens de l'enroulement change de l'une à l'autre, de sorte que les

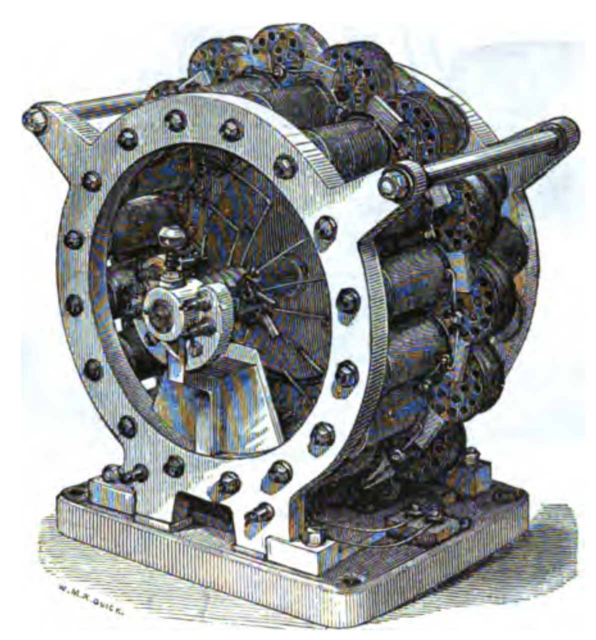


Fig. 581. — Dynamo Siemens à courants alternatifs.

nts qui y prennent naissance s'ajoutent s aux autres. Ces courants changent d'ailde sens chaque fois que les bobines passent d'un champ magnétique dans le suivant, c'est-à-dire seize fois par tour. Enfin ces bobines sont groupées en deux circuits paral-

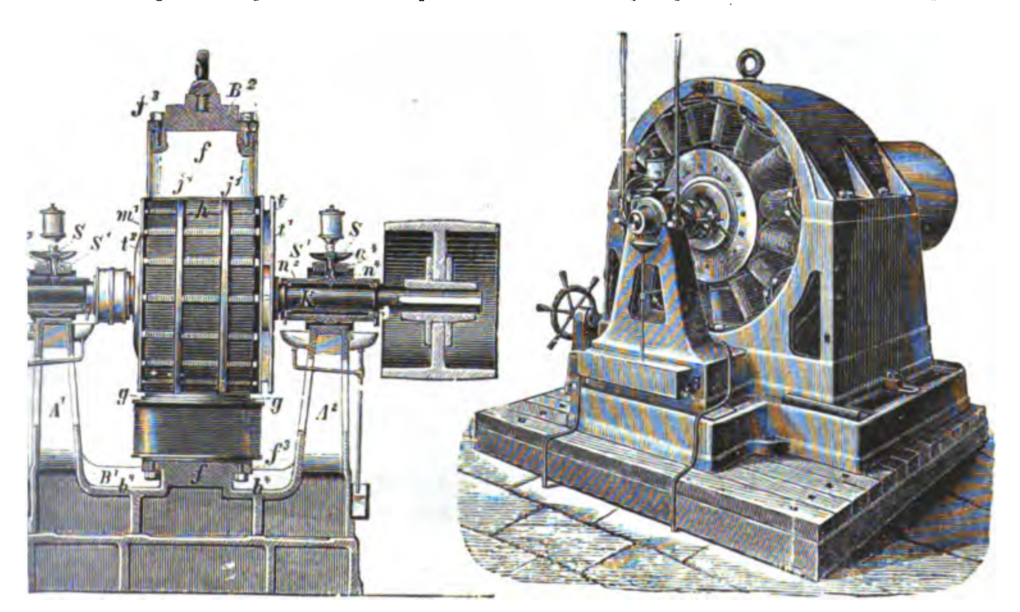


Fig. 582. — Machine Westinghouse.

s, dont les extrémités communes aboutissent deux bagues du collecteur.

Ces machines sont ordinairement à excitation indépendante; mais elles se font aussi auto-

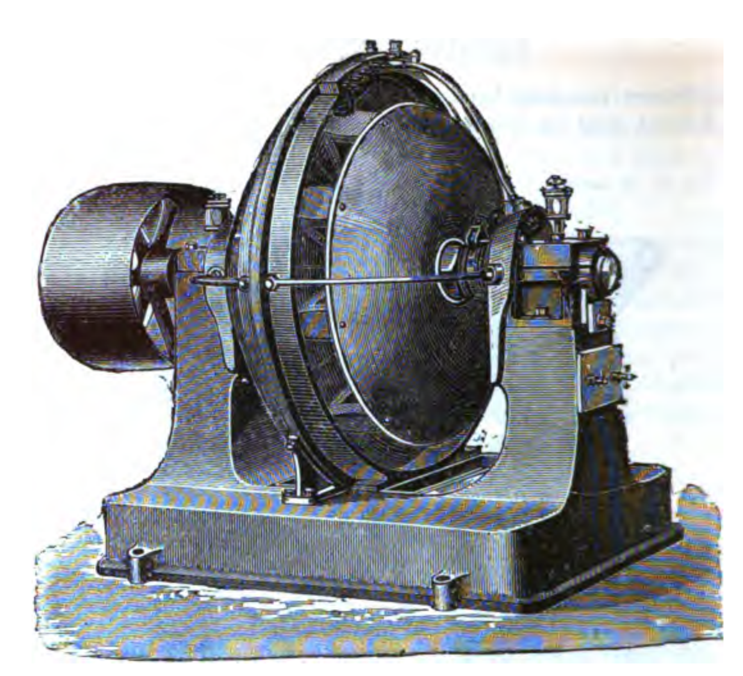


Fig. 583. — Machine Mordey.

Fig. 584. — Machine Ferranti.

atrices en ajoutant au collecteur un commuteur qui redresse la portion du courant inée à l'excitation.

namo Mordey. — Dans cette machine 583), inventée en 1888, l'inducteur est en-é sur un noyau en fer forgé, que traverse de rotation. Ce noyau porte des prolonge-ts, en forme de crochets, disposés par paires nombre de neuf autour de la bobine induc-. Ces prolongements, dont on voit les extré-s polaires sur la figure, sont recouverts par calottes sphériques en laiton qui suppriment ruit et diminuent la résistance de l'air pen-t la rotation.

induit est logé dans un espace ménagé entre pièces polaires appartenant à une même e. Il se compose de dix-huit bobines formées par des noyaux en porcelaine, sur lesquels on enroule des bandes de cuivre dans des rainures. Toutes ces bobines, montées en série, sont ajustées sur un anneau en bronze. Cette machine, qui donne des courants de haute tension, tourne à raison de 650 tours par minute.

Dynamo Ferranti. — Cette machine, imaginée en collaboration avec sir W. Thomson, est surtout destinée à l'éclairage par incandescence. Elle est remarquable par son originalité et sa légèreté, qui permet de donner à l'induit une vitesse de 1 900 tours. En outre, cet organe offre une résistance très faible, 0,0265 ohm.

Deux séries de seize électro-aimants à section ovoïde (fig. 584), placés en regard, forment l'inducteur; les pôles sont alternativement de noms contraires. Les noyaux des électros sont venus

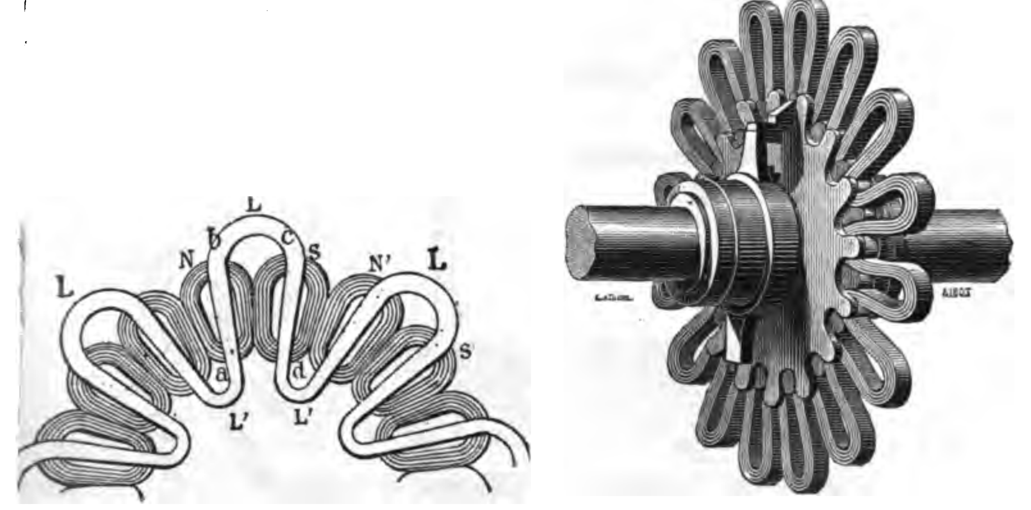


Fig. 585. — Armature de la machine Ferranti.

fonte avec les deux flasques. Dans les modes nouveaux, le nombre des électros est dou-; de plus, pour diminuer la résistance, le fil inducteurs est remplacé par des barres de ivre ondulées qui passent alternativement -dessus et au-dessous du noyau de chaque ctro. Ces barres sont au nombre de neuf, et iées en tension.

L'armature ne contient pas de fer : elle est mée d'un ruban de cuivre de 36 mètres de gueur, 12 millimètres de largeur et 2 millimètres d'épaisseur. Ce ruban est contourné de on à former huit boucles par tour (fig. 585) et fait douze tours successifs, isolés par des bans de caoutchouc. Ses deux extrémités sont udées aux deux bagues du collecteur.

Lorsqu'une branche *ab* de l'induit s'approche d'un pôle nord N, la branche suivante *cd* s'approche d'un pôle sud S; ces deux branches donnent donc naissance à des courants de sens contraire, qui s'ajoutent, grâce à la forme de l'armature. Ce courant charge d'ailleurs de sens seize fois par tour, comme dans la machine précédente.

Ces machines peuvent alimenter jusqu'à 3 000 lampes de 16 bougies.

Applications des machines d'induction. — Ces machines servent le plus souvent à produire des courants, ou encore comme moteurs. Leurs principales applications sont indiquées aux mots Éclairage, Transmission de l'énergie, etc.

MACHINE ÉLECTRIQUE OU ÉLECTROSTATIQUE. — Appareil destiné à produire de l'électricité par frottement ou par influence, et à

établir une certaine différence de potentiel entre deux conducteurs isolés, ou bien entre un conducteur isolé et le sol.

Une machine comprend trois parties essentielles : le producteur d'électricité, le transmetteur et le collecteur. L'énergie potentielle fournie au collecteur correspond au travail effectué lorsqu'on transporte le transmetteur en sens contraire des forces électriques, depuis le producteur, chargé d'électricité contraire, qui l'attire, jusqu'au collecteur, qui est chargé de la même électricité et qui le repousse.

En théorie, la différence de potentiel, et par suite la charge du collecteur, peuvent augmenter indéfiniment; en pratique, il y a une limite, qui est atteinte lorsque l'augmentation de charge par seconde est égale à la perte produite, soit par des étincelles jaillissant entre le collecteur et les autres pièces, soit par l'action de l'air et des supports.

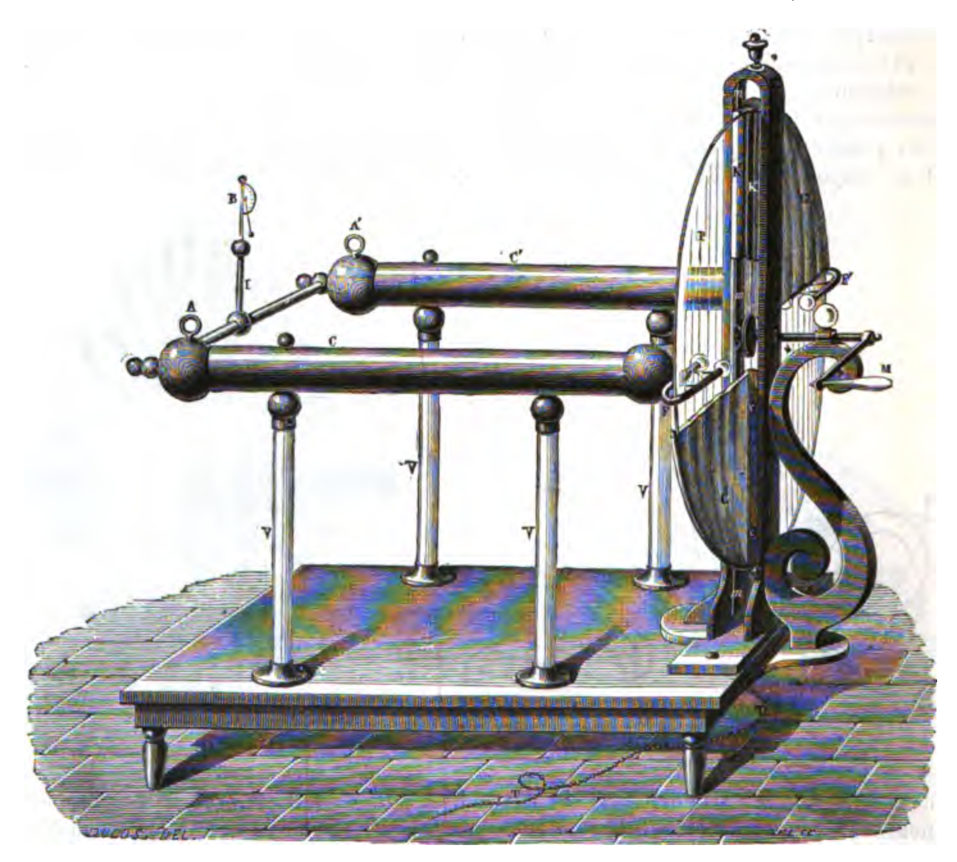


Fig. 586. — Machine électrique de Ramsden.

Le *débit* est la quantité d'électricité mise en mouvement dans chaque unité de temps, lorsque le régime permanent est atteint. Dans toutes les machines, le débit est sensiblement proportionnel à la vitesse de rotation. L'énergie d'une machine est égale au produit EI de son débit par la différence de potentiel des deux pôles.

On divise les machines électriques en *machines à frottement* et *machines à induction*, suivant la nature du producteur. Dans les premières, le transmetteur apportant à chaque opération la même quantité d'électricité, la charge croît en progression arithmétique. Dans les machines à induction, on peut s'arranger pour qu'elle augmente en progression géométrique; on accouple pour cela deux machines de sorte qu'elles donnent des électricités contraires, et que l'inducteur de chacune soit relié avec le collecteur de l'autre.

Machines à frottement. — Ces machines sont les plus anciennes. La plus connue est celle de Ramsden, qui est encore employée. Dans cette machine (fig. 586), l'électricité est développée

e frottement d'un plateau de verre P contre :oussins de cuir K, entre lesquels il tourne. coussins sont enduits, pour augmenter le ement, d'une substance métallique, or mus-'bisulfure d'étain) ou amalgame de zinc, et ent communiquer avec le sol à l'aide d'une ne. Le frottement produit des charges égales ›ntraires d'électricité positive sur le plateau, électricité négative sur les coussins : cette ière s'écoule dans le sol. Le plateau élec-, continuant à tourner, passe dans des es métalliques en forme d'U, garnies de tes à l'intérieur, et portées par deux con-eurs cylindriques isolés, réunis par un troisième cylindre plus petit. Il agit par influence sur ces conducteurs, et, grâce aux pointes métalliques, le verre est ramené à l'état neutre et le conducteur isolé se charge positivement. Les secteurs en taffetas G, qui entourent deux des quadrants du plateau, empêchent celui-ci de perdre sa charge par le contact de l'air avant d'agir sur les conducteurs.

Les machines de Nairne, de Van Marum, de Le Roy, ne sont que des modifications de la précédente et ne sont plus employées depuis longtemps. Leur description est donc sans intérêt. Il en est de même de la machine d'Armstrong, dans laquelle l'électricité est due au frotte-

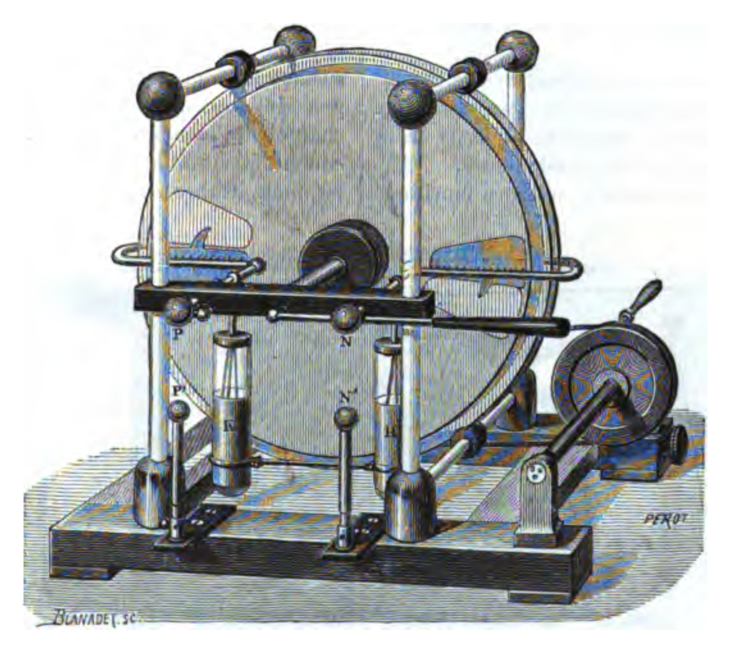


Fig. 587. — Machine de Holtz.

ıt de la vapeur d'eau humide sur des aju-›s en buis.

:achines électrostatiques à induction. — machines sont fondées sur le même prin-› que l'électrophore. Un corps médiocrement ducteur reçoit une certaine charge, que l'on tiplie ensuite par la rotation du transmet-·. Le *replenisher* de sir W. Thomson, décrit › haut (voy. Électromètre), est une machine ·e genre.

es machines de Tœpler et de Holtz furent ›ntées à peu près simultanément. La ma-ıe de Tœpler, quoique très ingénieuse, a :onvénient d'être très fragile et très compli-e; aussi fut-elle bientôt abandonnée en présence des beaux résultats que donnait la machine de Holtz.

Machine de Holtz. — La machine de Holtz ordinaire se compose de deux plateaux de verre, dont l'un, visible en avant de la figure 587, est un peu plus petit et peut tourner autour d'un axe horizontal. Le plateau fixe, placé en arrière, est percé de deux fenêtres en forme de secteurs, sur le bord desquelles sont collées deux armatures de papier, munies de languettes de même substance. Deux conducteurs PN, terminés par des boules, aboutissent d'autre part à des peignes disposés devant le plateau mobile.

Pour amorcer la machine, on pousse, par son

manche isolant, la tige qui traverse la boule N jusqu'à ce qu'elle vienne toucher l'extrémité du conducteur P, on fait tourner le plateau mo-

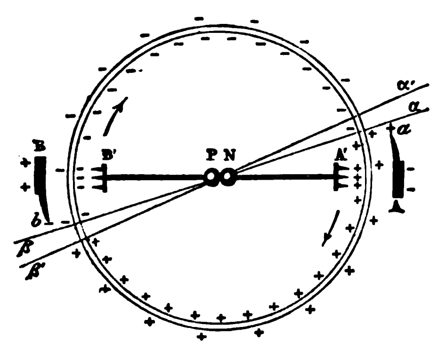
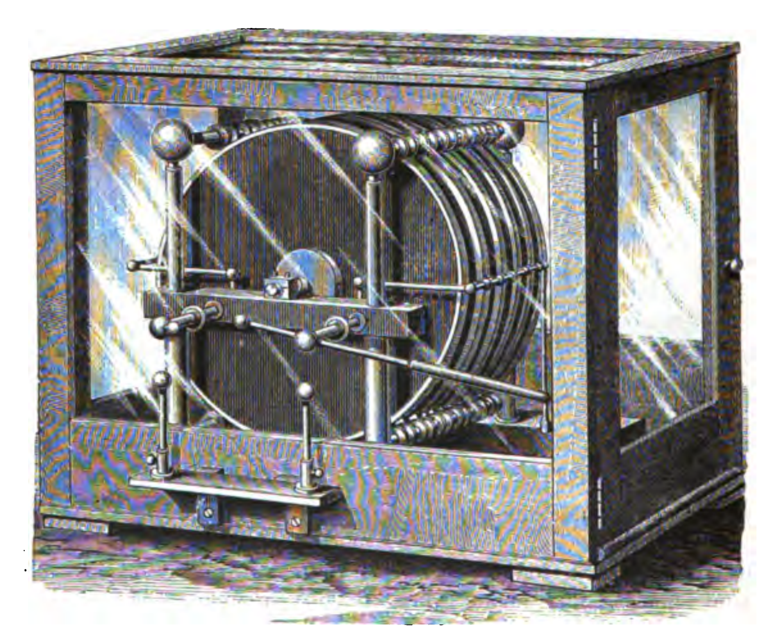


Fig. 588. — Théorie de la machine de Holtz.

bile, et l'on touche une des armatures de papier avec un corps électrisé. Au bout d'un instant la machine fonctionne : on enlève le corps électrisé et on écarte les deux conducteurs.

Pour expliquer la théorie de cette machine, il est plus commode de supposer les plateaux remplacés par deux cylindres concentriques, le cylindre intérieur étant mobile, et renfermant les conducteurs. Pour simplifier, on a, sur la figure 588, supposé le cylindre extérieur enlevé et laissé subsister seulement les armatures de papier. Cette forme a du reste été réalisée, mais elle est très incommode.

Supposons l'armature A chargée négativement, le cylindre mobile en mouvement dans le sens des flèches et les boules PN en contact. L'armure A agit par influence sur le conducteur A'B' qui laisse échapper de l'électricité positive en A', de la négative en B'; ces électricités se fixent sur la surface intérieure du cylindre mobile, et il en est de même pendant la première demi-révolution. En ce moment, la surface intérieure sera divisée par un plan à peu près horizontal en deux parties ayant des charges de signes contraires. Mais ces deux couches agissent à leur tour par influence sur les deux armures. Sous cette action, l'armure B


Fig. 589. — Machine de Holtz à 24 plateaux.

laisse échapper par la pointe *b* de l'électricité négative, qui se fixe sur la surface extérieure du cylindre mobile, et reste elle-même chargée positivement. De même l'armure A laissera échapper de l'électricité positive et sa charge négative augmentera. Au bout d'un tour entier, la distribution sera conforme à la figure. Par suite des réactions réciproques des différentes couches d'électricité, la production d'électricité va en augmentant, et la différence de potentiel croît en progression géométrique. Les couches d'électricité réparties sur la surface intérieure du cylindre sont séparées par le plan αβ, les couches extérieures par le plan α'β'; ces plans de séparation ne sont pas horizontaux, car le flux qui s'échappe par exemple du peigne A', attiré

par la couche de signe contraire, remonte à sa rencontre.

La dimension des armures est indifférente; elles doivent être médiocrement conductrices, et se borner à réparer leurs pertes : le papier convient parfaitement. Les fenêtres paraissent servir surtout au dégagement de l'ozone.

On emploie souvent, pour augmenter le débit, une machine double. Cette disposition a été imaginée par M. Poggendorff et perfectionnée par Ruhmkorff; c'est cette dernière forme que représente la figure 587. Les deux plateaux fixes sont placés entre les plateaux mobiles; les conducteurs se terminent par des pièces en forme d'U, qui sont garnies de pointes à l'intérieur et qui entourent les plateaux mobiles.

On suspend ordinairement aux conducteurs, pour augmenter leur capacité, des bouteilles de Leyde HK, réunies par leurs armatures extérieures ; cette disposition n'augmente pas sensiblement la distance explosive, mais elle accroît la quantité d'électricité qui passe à chaque décharge. Sans cette précaution, on n'obtiendrait entre les deux pôles que des aigrettes au lieu d'étincelles.

La figure 589 représente une machine de Holtz à 24 plateaux d'ébonite, 12 fixes et 12 mobiles, de 60 centimètres de diamètre, construite par M. Ladd, et qui donne de très beaux effets.

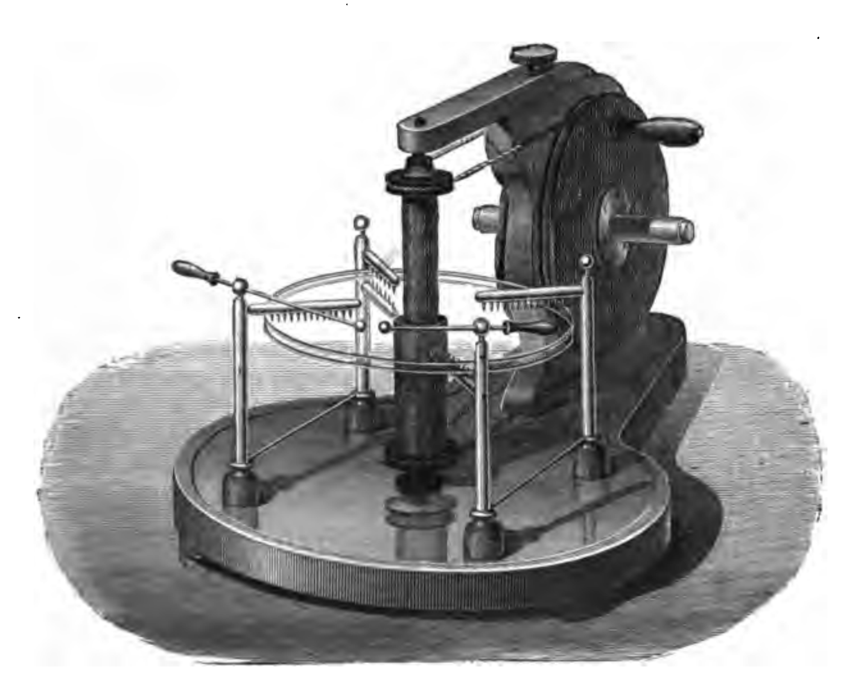


Fig. 590. — Machine de Holtz à deux rotations.

La machine de Holtz a le double inconvénient de ne pas s'amorcer seule et d'être très sensible à l'humidité. On remédie au premier défaut en lui ajoutant un petit disque de verre qui s'électrise constamment en frottant sur deux petits coussins de cuir et qui, passant sans cesse devant l'une des armures de papier, entretient son électrisation, et au second en recouvrant tout l'appareil d'une cage de verre, contenant de la chaux vive, comme sur la figure précédente.

Machine de Holtz à deux rotations. — M. Holtz a imaginé une autre machine dans laquelle il a supprimé les plateaux fixes et les armures de papier (fig. 590).

Elle se compose de deux plateaux de verre horizontaux tournant en sens inverse et de quatre tiges métalliques munies de peignes. Deux de ces peignes sont disposés au-dessus des plateaux suivant un même diamètre; les deux autres sont au-dessous et disposés suivant le diamètre perpendiculaire au premier. Les tiges sont reliées deux à deux à la partie inférieure, et portées par des pieds d'ébonite; deux d'entre elles portent des tiges mobiles qu'on peut amener en contact.

Pour amener la machine, on fait toucher ces

deux tiges, et l'on met les plateaux en mouvement. Le plateau inférieur tourne dans le sens

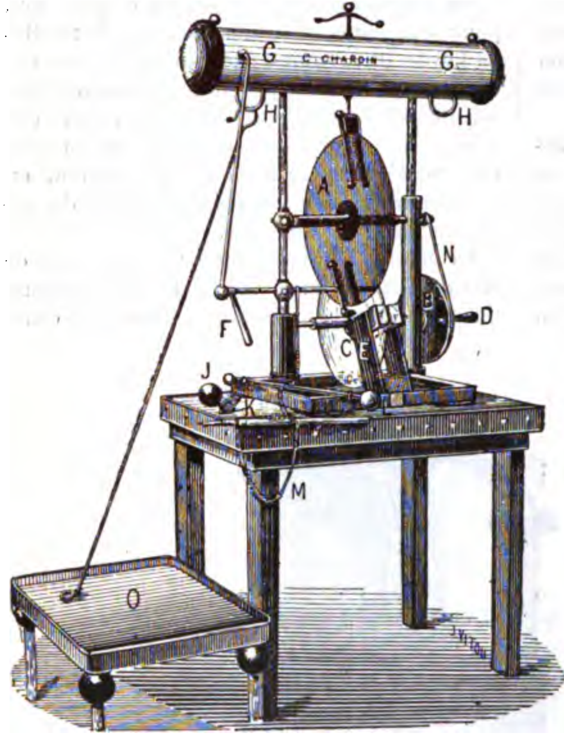


Fig. 591. — Machine de Carré disposée pour les usages médicaux.

des aiguilles d'une montre, l'autre en sens contraire. Il suffit de placer un instant en face d'un des peignes un objet électrisé pour que l... chine fonctionne. La théorie est ana... celle de la machine précédente. L... teur ne donne que des aigrettes co... à moins qu'on ne mette les cond... en communication avec les arm... d'une sorte de bouteille de Leyde.

Machines de Bertsch et de Carré. — L... chine de Bertsch se rapproche de ... Holtz, mais elle est à plateaux d... elle a, comme elle, l'inconvénien... pas s'amorcer seule. M. Carré l'a ... fiée et a fait disparaître ce défau...

La machine de Carré (fig. 591) s... pose d'un disque en ébonite A mob... tour d'un axe horizontal. L'armat... constituée par un petit plateau d'éb... de verre C, qui est monté sur l'a... manivelle et qui frotte sur deux ... de cuir E. Deux peignes sont disp... vant le diamètre vertical du gr... teau, l'un en face du disque de verr... tre en face d'une armure d'ébon... terminée par des pointes. Ces d... gnes communiquent respectivem... deux conducteurs isolés, dont l'un ... une branche mobile, qui sert d'ex... On voit que cette machine est an... celle de Holtz, le plateau de verr... feuille d'ébonite fixe jouant le r... deux armures de papier. On peut au... l'énergie des étincelles en suspendant a...

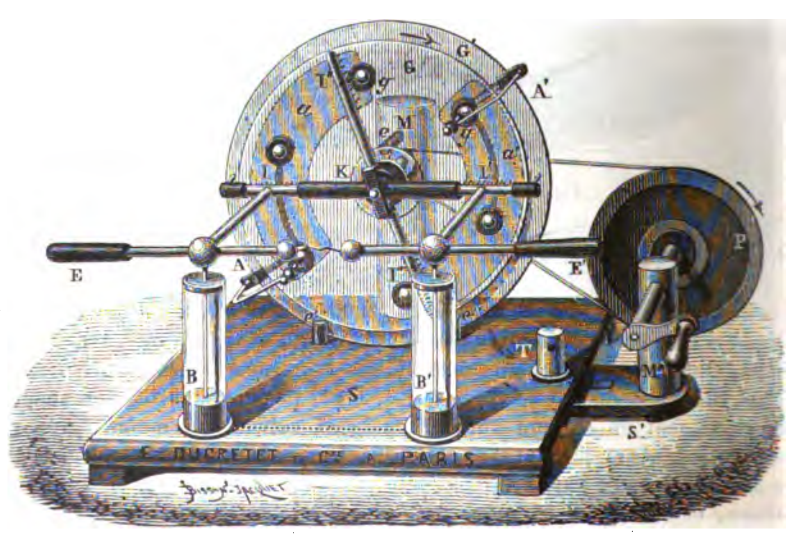


Fig. 592. — Machine de Voss.

conducteur une bouteille de Leyde dont l'armature externe vient toucher le conducteur inférieur. Les plateaux d'ébonite ont l'in... vénient de s'altérer peu à peu au cont...

l'air : il faut alors renouveler les surfaces en les frottant avec du papier d'émeri.

Machine de Voss. — D'autres machines fondées sur l'influence ont été imaginées par M. Varley, M. Tœpler, M. Voss, etc. Cette dernière se compose d'un plateau fixe G' portant sur sa face postérieure deux inducteurs *aa'* de grandes dimensions (fig. 592), et d'un plateau G, tournant dans le sens de la flèche, et portant six disques métalliques munis d'un bouton au centre. Des conducteurs munis d'un excitateur portent deux peignes horizontaux II'; ils sont en

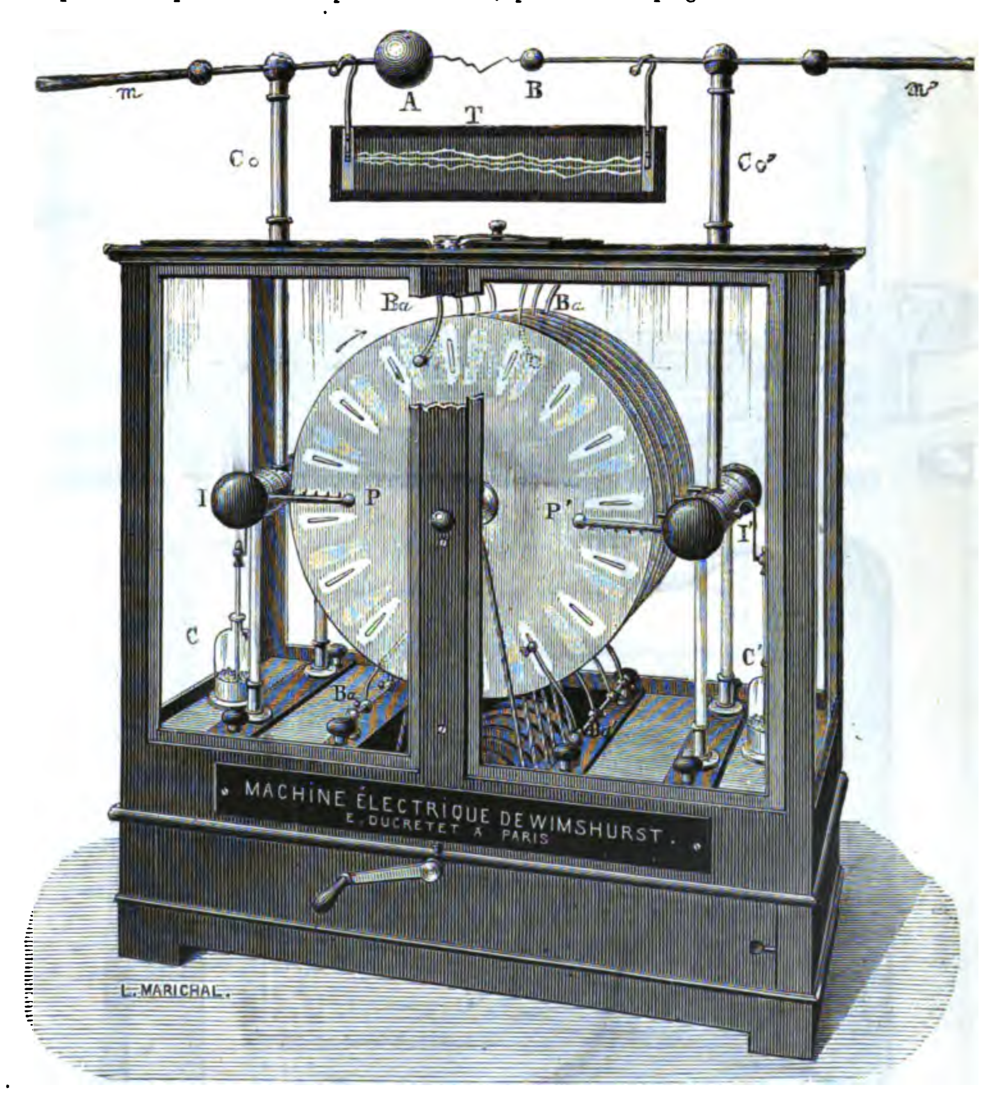
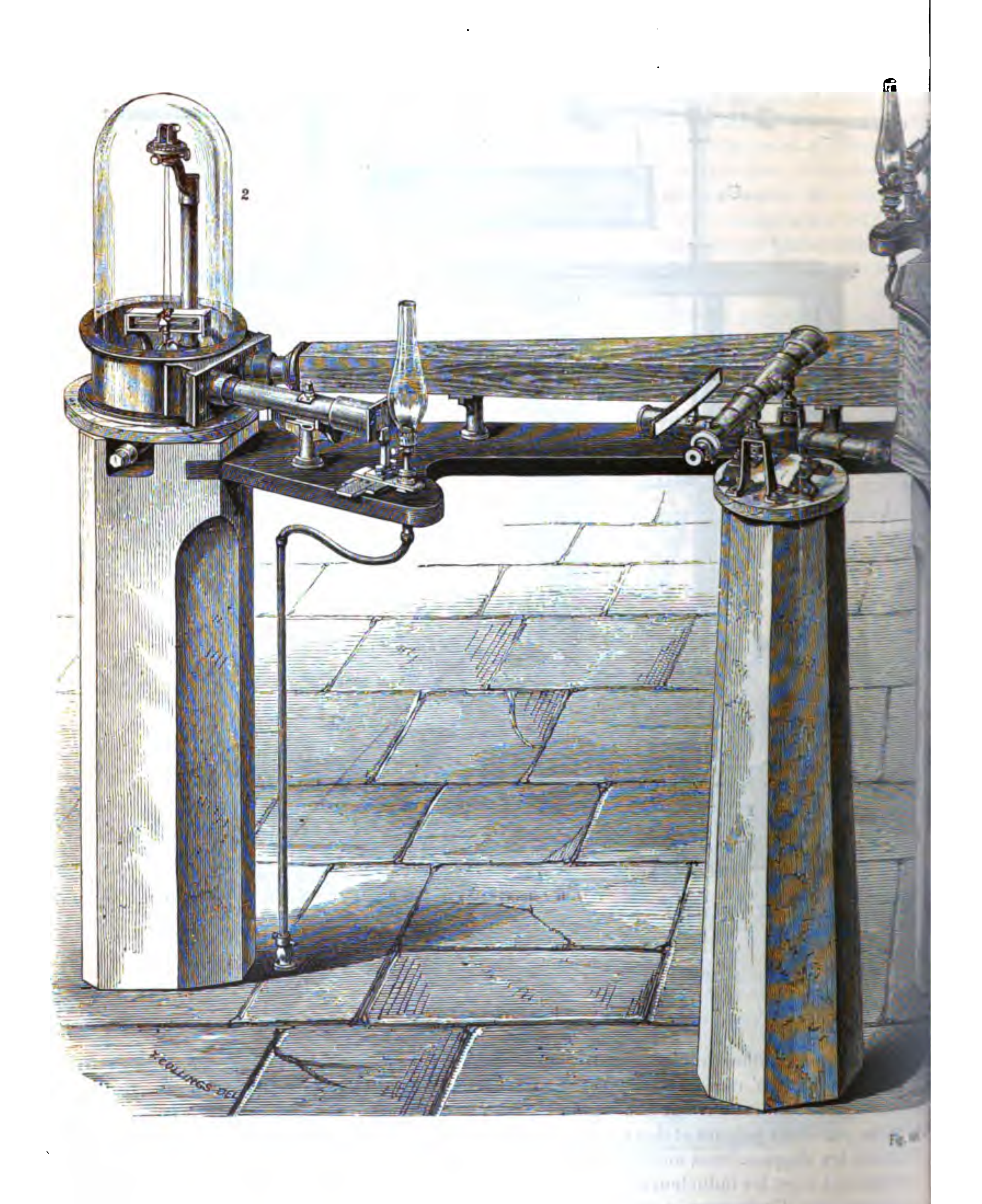
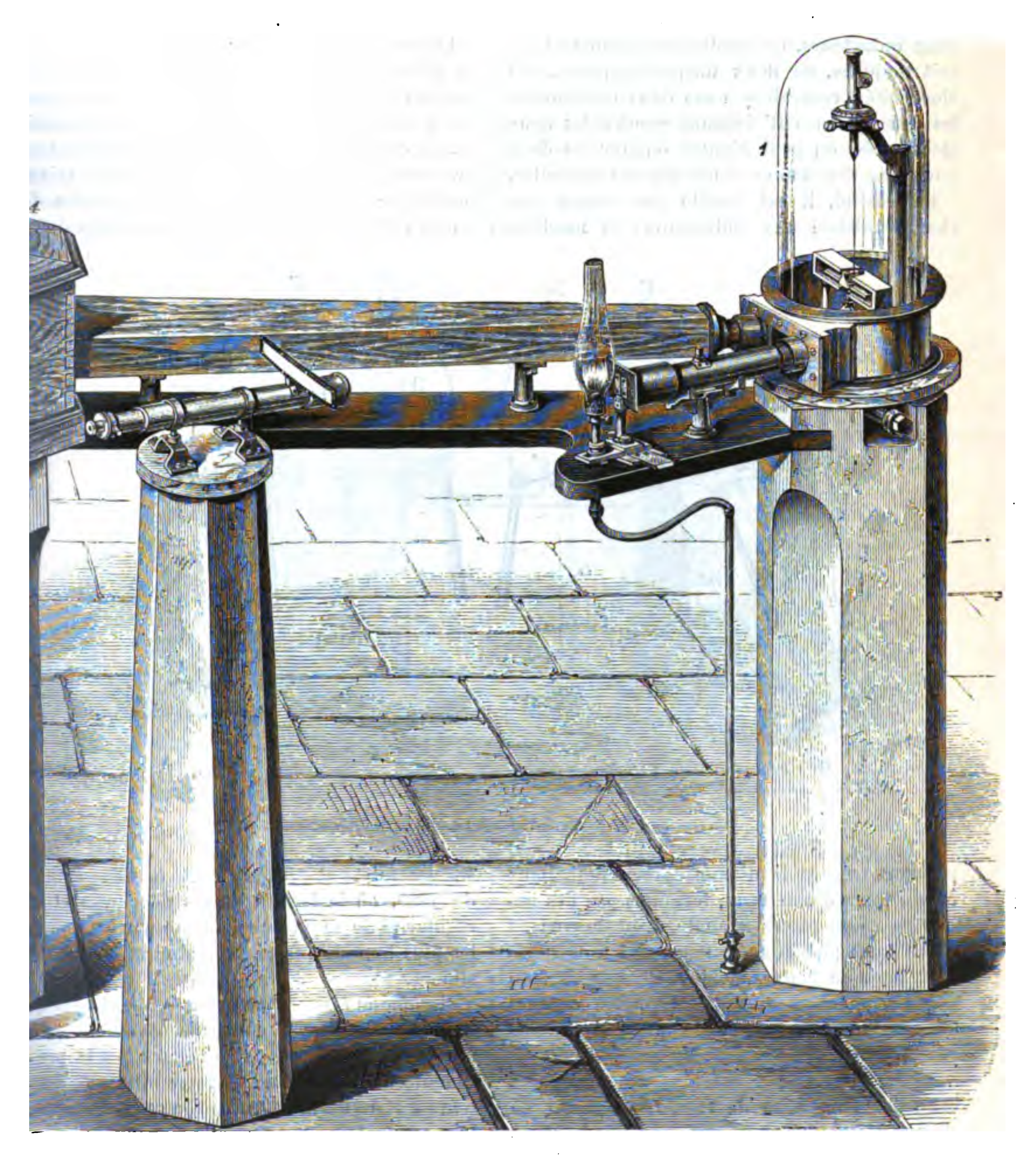


Fig. 593. — Grande machine de Wimshurst.

contact avec les armatures intérieures de deux bouteilles de Leyde BB', réunies par leurs armatures extérieures. Un conducteur diamétral I''I''' se termine par deux peignes et deux balais qui rencontrent les disques. Deux autres balais AA' communiquent avec les inducteurs.

Supposons que l'inducteur *a* ait reçu une petite charge négative. Chaque disque qui passe devant lui se charge par influence, et, en touchant le balai I'', cède son électricité négative au conducteur diamétral et garde la positive. En arrivant au balai A', ce disque cède une partie de sa charge à l'inducteur *a'*; passant ensuite devant le peigne I', il agit par influence, attire de l'électricité négative, et repousse la positive. Il est ainsi neutralisé ; il se charge de


2
1
COLLINGS DEL



r de Kew.

nouveau sous l'influence de l'armure *a'*, cédant de l'électricité positive au conducteur diamétral, et gardant la négative. Il donne ensuite, par l'intermédiaire du balai A, une partie de cette charge à l'inducteur *a*, qui s'électrise de plus en plus, et les mêmes phénomènes se reproduisent sans cesse, à chaque tour, devant les deux inducteurs. Le conducteur diamétral reçoit toujours, de deux disques opposés, des électricités contraires à ses deux extrémités; les deux peignes II' laissant écouler les deux électricités, on peut bientôt séparer les deux boules de l'excitateur et obtenir des étincelles.

En réalité, il est inutile de donner une charge initiale aux inducteurs; la machine s'amorce seule, sans doute par le frottem... balais sur les disques.

Machine de Wimshurst. — La machine ... Wimshurst est l'une des plus récentes; elle ... encore peu répandue, mais ses qualités ne ... deront certainement pas à lui assurer de n... breuses applications.

Elle est formée de deux plateaux de ... ou d'ébonite DD' tournant en sens contr... (fig. 594) et garnis de secteurs en étain sur le... faces extérieures. Les conducteurs commu... quent, comme dans les machines précédent... avec des bouteilles de Leyde CC' et un ex... teur EE' et portent des pièces en U, garni... pointes PP' à l'intérieur, qui entourent les ...

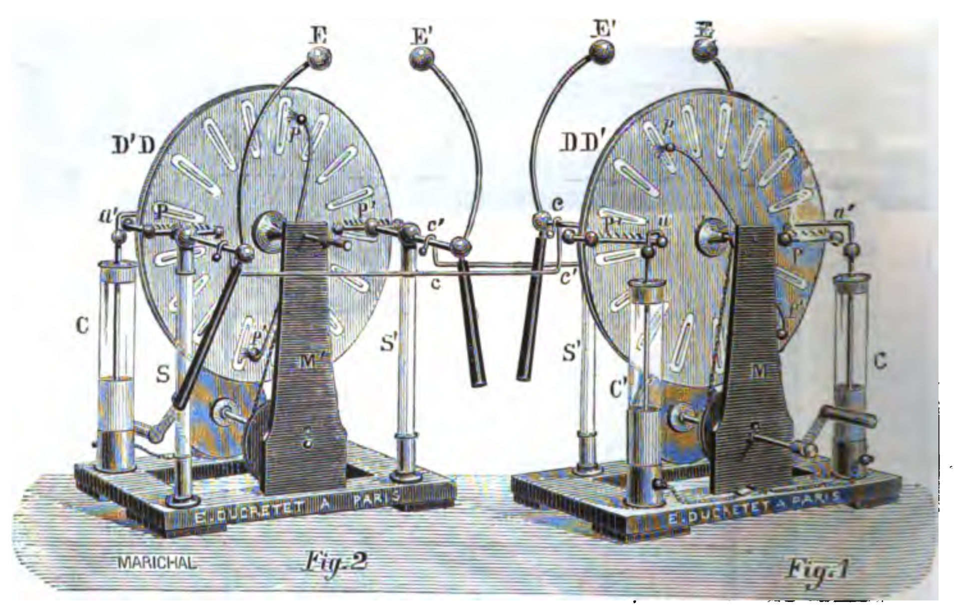


Fig. 594. — Réversibilité des machines électriques.

plateaux suivant le diamètre horizontal. Deux conducteurs diamétraux, terminés par des balais *pp'*, sont placés à angle droit de part et d'autre des plateaux. La figure 594 montre les deux faces de cette machine. Chaque plateau doit tourner dans un sens tel que les secteurs aillent d'un peigne vers le pinceau le plus voisin.

La théorie de cette machine est analogue à celle de la machine de Voss. Les secteurs de chaque plateau servent à la fois d'inducteurs et d'induits, et les peignes recueillent l'électricité des deux séries de secteurs. Cette machine s'amorce seule.

La figure 593 montre une grande machine de Wimshurst à douze plateaux construite par M. Ducretet et qui figurait à l'Expo... de 1889, où la beauté de ses décharges ... régularité de sa marche, même par les temps les plus humides, faisaient l'admiration des ... siteurs.

Machine de Lisser et Benecke. — MM. Lisser ... Benecke, de Berlin, construisent depuis ... une machine qui ressemble beaucoup à la pr... cédente. Deux plateaux de verre munis de se... teurs d'étain tournent encore en sens contr... Les conducteurs munis de peignes sont ... posés de la même manière, mais les deux conducteurs diamétraux, placés de part ... d'autre des plateaux de verre, sont à 25° ... ron l'un de l'autre. La machine s'amorce ... Une machine ayant des plateaux de 25 ...

es donne, dit-on, des étincelles de 9 à 11 centres.

chines électriques médicales. — Pour les s médicaux, la première condition, c'est mment d'avoir une machine qui ne craigne l'humidité et qui puisse fonctionner par les temps. La machine de Carré est celle emploie le plus souvent; le modèle renté par la figure 591 est disposé à cet une tige métallique met le gros conducen communication avec le tabouret iso- A côté de la machine sont figurés les s excitateurs nécessaires. La machine de shurst nous paraît appelée à remplacer de Carré dans les applications médicales, car elle donne des décharges plus énergiques, et elle est encore plus insensible à l'action de l'humidité.

Couplage des machines électriques. — Ces machines peuvent être réunies, comme les autres sources d'électricité, en série ou en quantité. Dans le premier cas, on augmente la différence de potentiel et par suite la distance explosive; dans le second, on augmente le débit sans accroître le potentiel.

Réversibilité des machines électriques. — Les machines électriques sont réversibles, comme les machines d'induction. Si l'on porte les deux pôles d'une machine à induction à une différence de potentiel suffisante, elle se mettra à

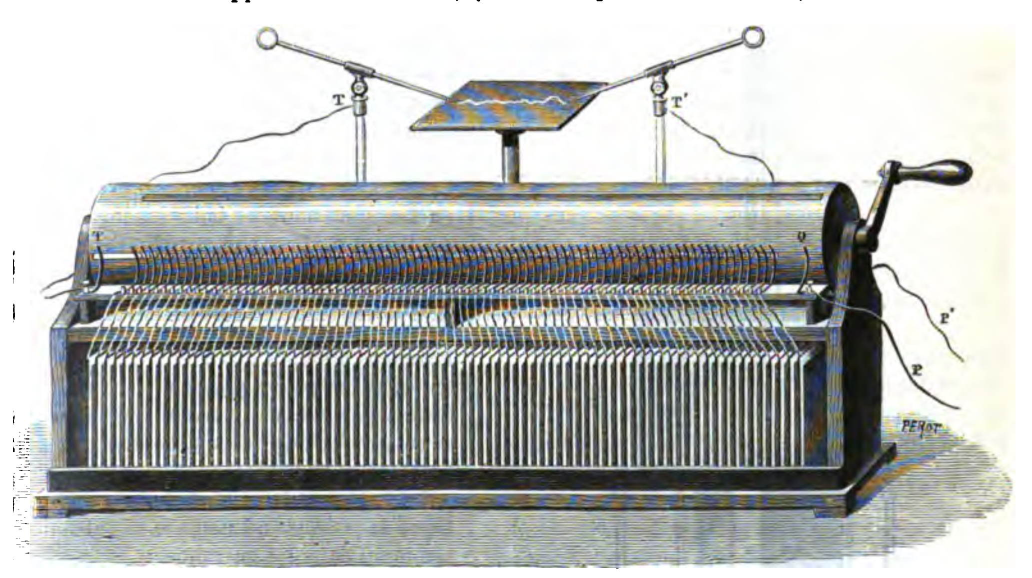


Fig. 595. — Machine rhéostatique de Planté.

ner. C'est là un procédé pour la transmis- de l'énergie. La figure 594 montre deux ines de Wimshurst accouplées pour mon- cette expérience. Les excitateurs sont ou- pour empêcher les étincelles. Lorsqu'on ourner l'une des machines, l'autre se met ouvement.

ACHINE-OUTIL ÉLECTRIQUE. — Machine- mue par un moteur électrique. M. Rowan nstruit des riveuses et des perceuses élec- es employées en Angleterre.

ACHINE RHÉOSTATIQUE. — Machine ima- e par G. Planté et composée d'un grand bre de condensateurs, formés chacun d'une mince de mica, sur les deux faces laquelle on a collé des feuilles d'étain 595). Un commutateur formé d'un cylindre onite portant des plaques de cuivre et semblable à celui décrit plus haut (Voy. ACCUMULATEUR) permet de grouper les condensateurs en quantité pour la charge et en tension pour la décharge. L'appareil pouvant être chargé très rapidement, il suffit de faire tourner le cylindre d'ébonite à l'aide de la manivelle pour obtenir des étincelles presque continues. Le commutateur en tournant établit au moment voulu les communications, soit avec la pile qui sert à charger la machine, soit avec l'appareil qui doit utiliser la décharge. Une machine de 80 condensateurs, chargée par une batterie de 800 piles secondaires, donne des étincelles de 12 centimètres de longueur. Le cylindre d'ébonite fait 15 tours par seconde.

A l'aide de cette machine, G. Planté a obtenu des résultats fort intéressants. L'étincelle et l'aigrette présentent une forme en crochet,

qu'on n'observe pas, avec le même degré de netteté, dans celles des machines électriques ou des bobines d'induction. Nous avons figuré plus haut (Voy. FIGURES DE LICHTENBERG) les belles apparences obtenues avec cette machine.

MACHINE UNIPOLAIRE. — Machine d'induction dont l'armature est formée par un disque de cuivre tournant dans un champ magnétique,

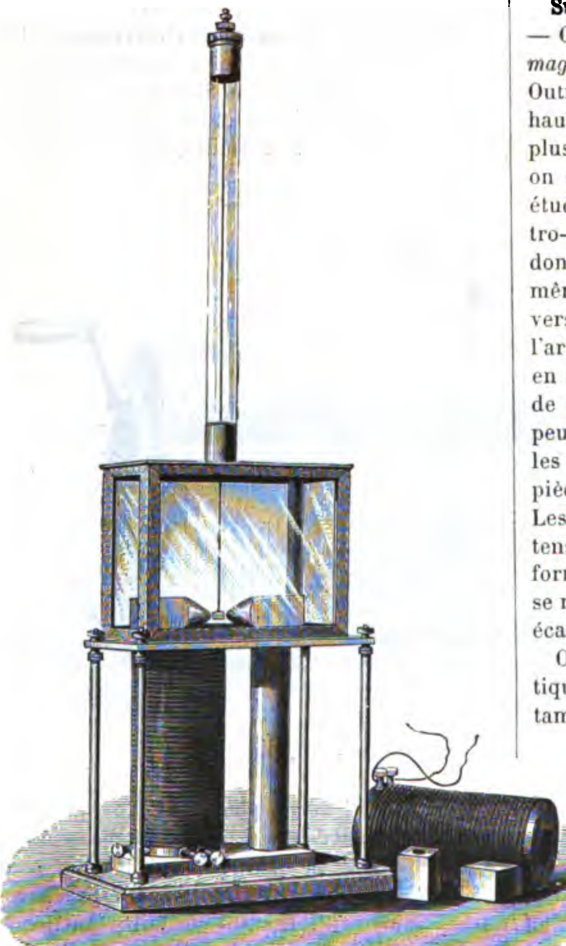


Fig. 596. — Électro-aimant pour le diamagnétisme.

ou par un cylindre du même métal tournant autour d'un pôle d'aimant ou d'électro.

MAGNÉTIMÈTRE. — Instrument destiné à mesurer l'intensité magnétique des aimants et de la terre (Voy. MAGNÉTOMÈTRE).

MAGNÉTIQUE. — Qui a rapport au magnétisme.

Azimut magnétique. — Angle de déclinaison.

Barreau magnétique. — Syn. d'aimant.

Équateur magnétique. — Lieu des points du globe où l'inclinaison magnétique est nulle.

Fluides magnétiques. — Fluides hypothétiques par lesquels on expliquait les propriétés des corps magnétiques.

Méridien magnétique. — Plan vertical ayant pour trace la direction de l'aiguille aimantée.

Pôles magnétiques. — Points du globe où concourent les divers méridiens magnétiques.

Substances magnétiques et diamagnétiques. — On appelle substances *magnétiques* ou *paramagnétiques* celles qui sont attirées par l'aimant. Outre le fer, qui possède cette propriété au plus haut degré, beaucoup d'autres substances sont plus ou moins magnétiques. Pour le constater, on suspend un petit cylindre de la substance étudiée entre les deux pôles d'un puissant électro-aimant. Faraday se servait d'un électro dont les deux bobines étaient placées sur une même ligne horizontale, les pôles tournés l'un vers l'autre, comme dans celui qui est figuré à l'article POUVOIR ROTATOIRE MAGNÉTIQUE. Un bâti en fer, soutenant les bobines, forme la culasse de l'électro. Les bobines de l'électro-aimant peuvent aussi être verticales (fig. 596); dans tous les cas, on peut visser sur les deux pôles des pièces polaires en fer doux de forme variée. Les pôles allongés donnent un champ plus intense, et les pièces plates un champ plus uniforme. Les bobines peuvent aussi s'écarter ou se rapprocher, de façon à donner aux pôles un écartement variable.

On peut constater ainsi la propriété magnétique dans un grand nombre de substances, notamment dans les suivantes :

Fer,	Cérium,
Nickel,	Titane,
Cobalt,	Palladium,
Manganèse,	Platine,
Chrome,	Osmium.

D'autres substances au contraire, placées entre les deux pôles de l'électro-aimant, s'orientent perpendiculairement à la ligne des pôles : on dit qu'elles sont *diamagnétiques*. Cette propriété s'observe notamment dans les substances suivantes :

Bismuth,	Cuivre,
Antimoine,	Or,
Zinc,	Arsenic,
Cadmium,	Urane,
Sodium,	Rhodium,
Mercure,	Iridium,
Plomb,	Tungstène.
Argent,	

Le magnétisme est dû à l'aimantation par in-

:e ; le diamagnétisme est attribué à une analogue, mais les pôles se forment en nverse ; il tend alors à se former un pôle en face du pôle nord de l'électro-aimant pôle sud en face du pôle sud.

GNÉTISME. — On désigne sous ce nom e des propriétés des aimants. Ce mot du mot *magnes*, par lequel les anciens dé- ient les aimants, parce qu'on trouva les iers aimants naturels près de la ville de ésie. La théorie du magnétisme est ana- à celle de l'électricité; on en trouvera les ipales parties aux mots AIMANT, FORCE, , FEUILLET, etc.

gnétisme de rotation. — Voy. INDUCTION LES MASSES MÉTALLIQUES.

ıgnétisme rémanent. — Aimantation qui ste dans un morceau de fer doux qui a été nté par influence. C'est le magnétisme ré- ent qui sert à amorcer les dynamos auto- atrices.

AGNÉTISME TERRESTRE. — Action du e terrestre sur les aimants. La direction de : action est indiquée par la mesure de la inaison et de l'inclinaison (Voy. ces mots). intensité (Voy. CHAMP TERRESTRE) se déter- e à l'aide d'instruments tels que le cercle de ·ow et les magnétomètres (Voy. ces mots). aleur de ces divers éléments à Paris était, er janvier 1889 :

Déclinaison	15°47'4
Inclinaison	65°13'7
Composante horizontale	0,19508
Composante verticale	0,42275
Champ total	0,46559

es éléments du magnétisme terrestre va- ıt d'un lieu à un autre suivant une loi com- quée.

a variation dans l'année 1888 a présenté ır chacun d'eux les valeurs suivantes :

Déclinaison	— 4',7
Inclinaison	— 1',0
Composante horizontale	+ 0,00028
Composante verticale	+ 0,00030
Champ total	+ 0,00039

On peut, dans une première approximation, similer la distribution du magnétisme à celle ie produirait un aimant infiniment petit placé ı centre de la terre et qui ferait un angle d'en- ron 15° avec la ligne des pôles. Cette hypo- èse peut être remplacée par celle de deux uches de glissement, c'est-à-dire de deux cou- es sphériques uniformes ayant des densités ales, mais de signes contraires, et qui, d'abord perposées, se sépareraient en glissant d'une petite quantité, l'une vers le nord, l'autre vers le sud, ou encore par l'hypothèse d'une aiman- tation uniforme dirigée suivant l'axe du petit aimant.

Gauss a démontré que, en supposant les masses magnétiques qui produisent le champ terrestre distribuées d'une manière quelconque, les lignes de niveau ou parallèles magnétiques sont représentées par des formules à 24 coeffi- cients. Il suffit donc de faire 24 observations pour déterminer ces formules, et l'on pourra connaître ensuite facilement les éléments d'un point quelconque du globe.

Variations du magnétisme terrestre. — Les éléments du magnétisme terrestre en un lieu subissent des variations périodiques et des va- riations accidentelles.

Les variations séculaires peuvent s'expliquer par une rotation uniforme de l'axe magnétique autour de l'axe géographique, qui se ferait pour le pôle nord dans le sens des aiguilles d'une montre, et dans une période d'environ 900 ans.

Les variations diurnes paraissent en relation avec le mouvement apparent du soleil, de la lune, etc. ; leurs lois sont peu connues ; elles portent surtout sur la déclinaison.

Les variations accidentelles, appelées *orages magnétiques*, affectent à la fois une grande par- tie de la surface terrestre, et paraissent en rapport avec les aurores boréales et les taches solaires. Ces variations sont étudiées à l'aide des magnétomètres.

La terre exerce sur un courant mobile une action directrice analogue à celle qu'elle pro- duit sur un aimant. Cette action sera indiquée à l'article SOLÉNOÏDE.

MAGNÉTO-DYNAMOMÈTRE. — Appareil in- venté par M. E. Gérard, de Liège, et servant, comme l'inductomètre décrit plus haut, à l'ex- ploration d'un champ magnétique.

Il se compose d'un conducteur A, (fig. 597) mobile autour d'un axe O, équilibré par un con- tre-poids P et traversé sur une partie de sa lon- gueur par un courant d'intensité connue i. Ce courant est mesuré par un ampèremètre et amené par les fils flexibles ff. Si h est la com- posante de l'intensité du champ normale au plan de déplacement du conducteur, la force électromagnétique exercée sur ce dernier est :

$$f = ilh$$

On fait équilibre à cette force par un ressort R fixé au conducteur mobile, et sur lequel agit la vis micrométrique V. On fait la tare de cette

vis en mesurant les poids qu'il faut appliquer au milieu du conducteur *l* pour ramener les tiges A et B au parallélisme dans les états de tension du ressort.

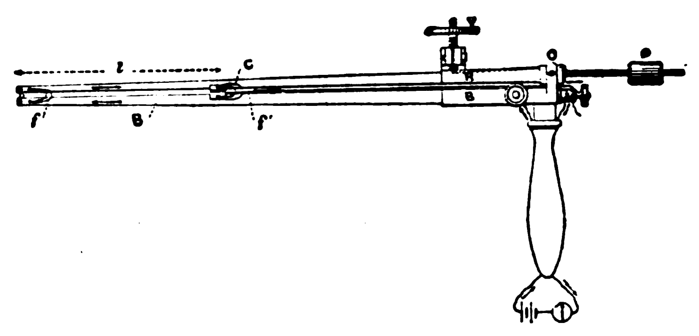


Fig. 597. — Magnéto-dynamomètre. (Evic Gérard, de Liège.)

MAGNÉTO-ÉLECTRIQUE. — Se dit des appareils qui comprennent des aimants et des fils traversés par des courants.

Machine magnéto-électrique. — Voy. MACHINE D'INDUCTION.

MAGNÉTOGÈNE. — Qui produit d... magnétiques.

MAGNÉTOGRAPHE. — Voy. MAGN... ENREGISTREUR.

MAGNÉTOIDE. — Se dit des effets analogues à ceux du magnétisme, quoique provenant d'une cause différente.

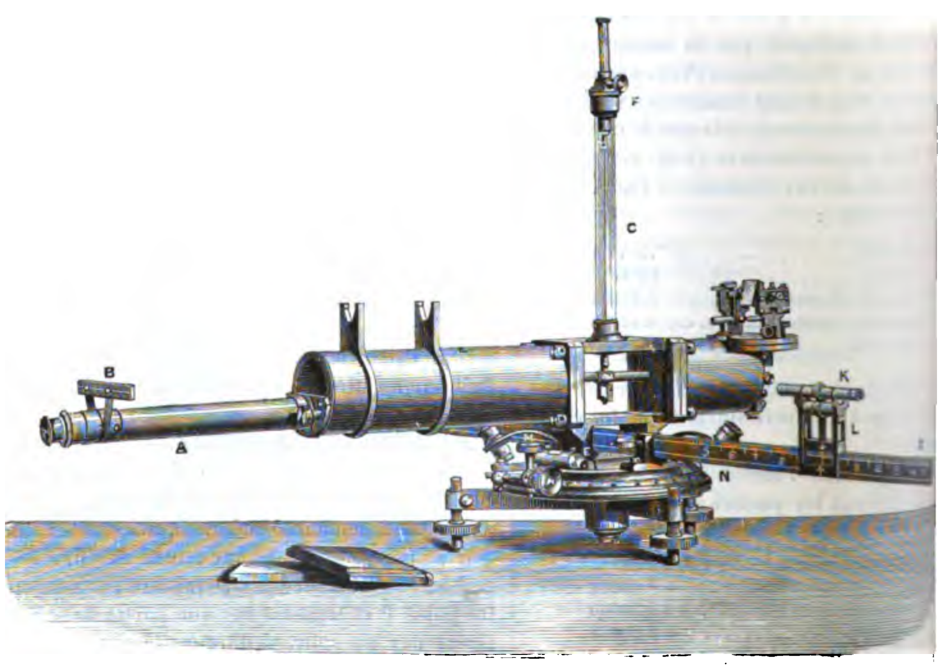


Fig. 598. — Magnétomètre unifilaire de Kew, disposé pour la méthode de déviation.

MAGNÉTOMÈTRE. — Appareil servant à mesurer le moment magnétique d'un aimant, l'intensité du champ terrestre et les variations de cette intensité. Les magnétomètres peuvent même donner la déclinaison, mais cette quantité se mesure le plus souvent, ainsi que l'inclinaison, à l'aide des boussoles décr... haut.

Les magnétomètres ont été imag... Gauss ; ils ont été perfectionnés depu... époque. Nous décrirons le modèle en ... l'Observatoire de Kew.

Cet instrument peut être disposé pour ... thode de déviation ou pour celle des os...

ces mots). Dans le premier cas, il est itué comme le représente la figure 598. ant est suspendu par un faisceau de fils ›con C, portant un étrier; on a d'abord ı les fils en plaçant pendant un certain s dans l'étrier, au lieu de l'aimant, une e circulaire en laiton E (fig. 598). On rem- ensuite cette pièce par l'aimant; une tête ›rsion, qui peut être élevée ou abaissée à : d'une crémaillère F, supporte les fils de ı. L'aiguille porte un miroir, dans le- on vise avec la lunette A l'image de l'é- e B.

.imant étant dans le méridien, et l'image du de l'échelle étant en coïncidence avec le ıle vertical de la lunette A, on place sur le ot L, porté par la règle de laiton graduée D, ant déviant K, et l'on tourne la lunette A de ı à mesurer sur le cercle gradué horizon- [, muni de verniers, la déviation α de l'ai- ; mobile. Si d est la distance du centre des ›aux, M le moment du barreau K, et H la ›osante horizontale du champ terrestre.

$$d^3 \operatorname{tg} \alpha = 2\frac{M}{H}.$$

ı peut recommencer la mesure en retour- l'aimant K, en le faisant passer de l'autre de l'aimant mobile, et enfin en fai- varier la distance d.

. figure 599 représente le magnéto- ·e disposé pour la méthode des oscil- ns.

. lunette, l'échelle, la règle de dé- on et l'appareil de torsion sont enle- et remplacés par une autre lunette n appareil de torsion DPH et une ; à aimant A. Dans cette boîte, on end l'aimant K, qui servait dans re disposition à dévier l'aimant mo- Cet aimant K est formé d'un tube ier aimanté portant à l'une de ses émités une graduation photographiée verre et à l'autre un collimateur. cette disposition, l'image de la graduation ait au foyer de la lunette.

n tourne d'abord la lunette jusqu'à ce que .age de la division coïncide avec le réticule, ; on compte, à l'aide d'une horloge battant ›econde, le nombre d'oscillations produites s un temps déterminé.

›n a alors, A étant le moment d'inertie du reau,

$$MH = \frac{\pi^2 A}{t^2}.$$

Ces deux méthodes permettent donc de déterminer M et H.

Dans la méthode des oscillations, une correction doit être faite, si l'horloge avance ou retarde. Dans la méthode de déviation, il faut tenir compte de la dilatation et des erreurs de graduation de la règle D, de la distribution du magnétisme sur les deux aimants, de l'altération de cette distribution par l'induction mutuelle des aimants, de la variation de la distance et de la direction avec l'angle de déviation.

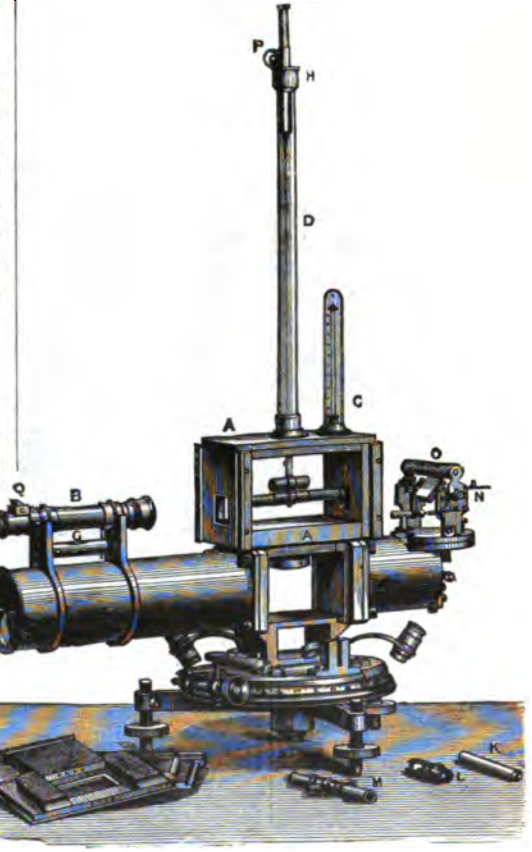


Fig. 599. — Magnétomètre unifilaire de Kew, disposé pour les observations d'oscillation.

Dans les deux méthodes, il faut tenir compte de l'influence de la température sur le moment magnétique et de la force de torsion du fil.

La dernière disposition peut servir aussi à déterminer la déclinaison; on ajoute seulement un petit miroir plan N, appelé miroir des passages.

Trois réglages sont nécessaires pour ce miroir : 1° rendre son axe de rotation horizontal à l'aide du niveau O qui le surmonte; 2° rendre le miroir parallèle à l'axe géométrique de la

tige cylindrique à laquelle il est fixé, ce qui se fait en visant un objet, de sorte qu'il semble coupé en deux parties égales par le r... tical, puis retournant l'axe bout pou...

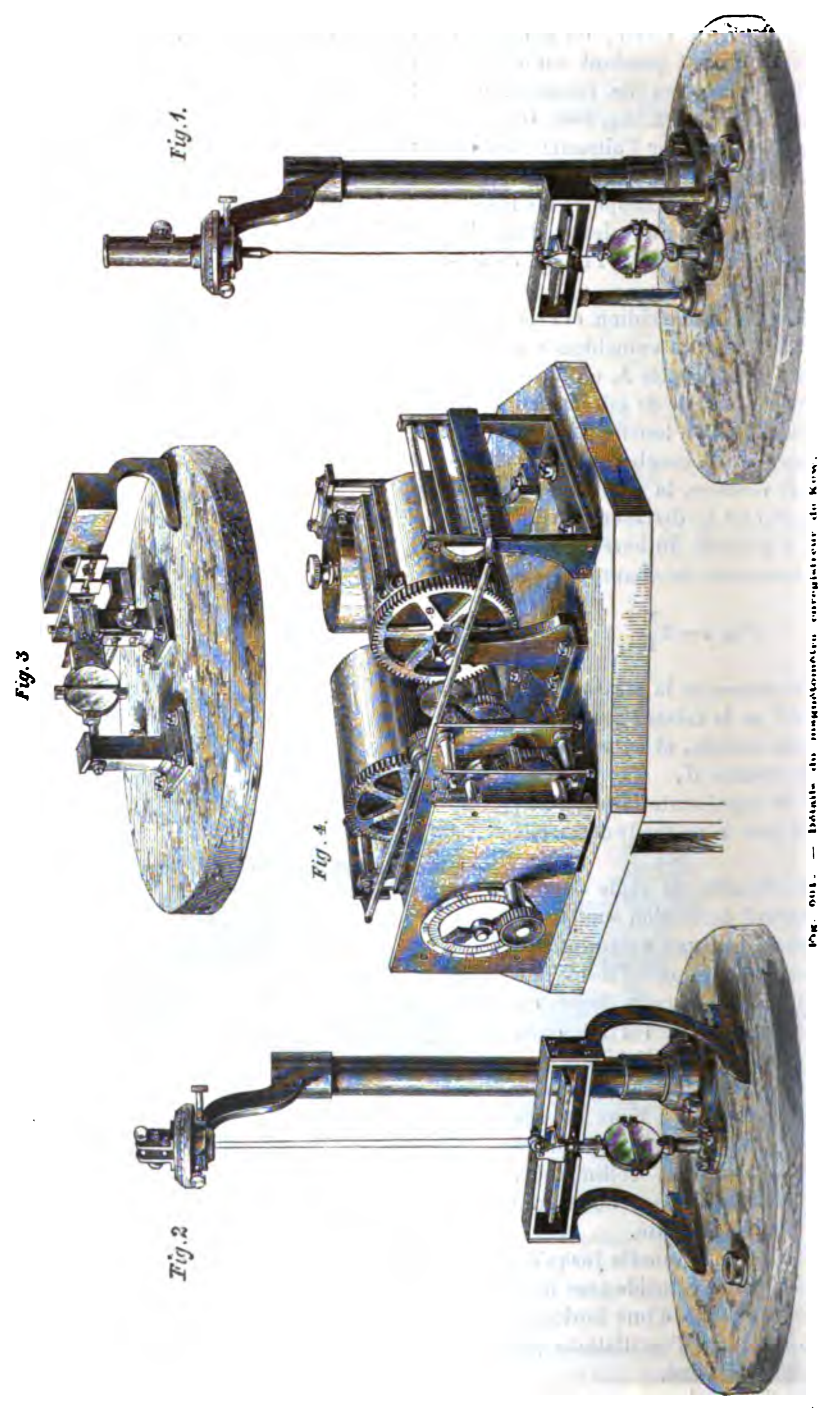


Fig. 901. — Détails du magnétomètre enregistreur de Kew.

l'objet n'est plus coupé en deux parties égales, on change l'inclinaison du miroir à l'aide de la vis de réglage ; 3° rendre l'axe optique de la lunette perpendiculaire à l'axe du miroir, se fait au moyen d'un oculaire collim...

Ces réglages faits, on soulève l'aimant...

ı crémaillère, de manière qu'on puisse vi-le miroir des passages. On vise le soleil par ıxion dans ce miroir, et l'on note au chro-être le moment où chaque bord de l'as-passe au réticule. Pour éliminer toute ur dans le réglage du miroir, on le re-ne sur ses supports et l'on recommence ıesure. De ces observations et de la con-ısance de l'heure, de la latitude et de la ;itude, on déduit la direction du méri-ı astronomique. On abaisse ensuite l'ai-ıt, et l'on détermine le méridien magné-ıe comme avec une boussole.

[agnétomètres bifilaires. — On fait aussi magnétomètres dans lesquels l'aimant supporté par une suspension bifilaire. On emploie surtout pour mesurer les varia-ıs de l'intensité. On tord les fils à la par-supérieure jusqu'à ce que la torsion ıntienne le barreau dans un plan perpen-ılaire au méridien magnétique. Si la com-ante horizontale du champ vient à dimi-ır, la torsion l'emporte, et la déviation ;mente. Si la composante horizontale ,mente, la déviation diminue. Cette dis-ition est employée dans le magnétomètre egistreur de Kew, décrit plus loin.

[agnétomètres balances. — Ces instru-nts, qui servent à mesurer les variations la composante verticale, sont formés d'un ːreau supporté, comme un fléau de ba-ıce, par un couteau reposant sur un plan gate, et lesté par des pièces non magné-ues, pour rendre l'équilibre stable; un ıtre-poids est appliqué sur le côté sud du ·reau pour le ramener à l'horizontalité. la composante verticale du champ vient à ·ier, le fléau s'incline dans un sens ou ıs l'autre.

Magnétomètres enregistreurs. — Ces ap-·eils servent à inscrire les variations ırnes et horaires des éléments magnéti-es. Un miroir, fixé à l'aimant mobile, ıvoie un rayon de lumière venant d'une npe sur une bande de papier photographi-e, mue par un mouvement d'horlogerie. observe ordinairement la déclinaison, la nposante horizontale et la composante ːticale.

Les figures 600 et 601 représentent l'appa-l employé à l'observatoire de Kew. Le mou-ment d'horlogerie (4) est placé dans une ıte de bois au centre de l'appareil; deux cy-ıdres horizontaux, dont la surface est recou-rte de papier sensible, reçoivent, par des tubes de bois, la lumière réfléchie par les miroirs des aimants qui enregistrent la déclinaison (1) et la force horizontale (2). Le premier

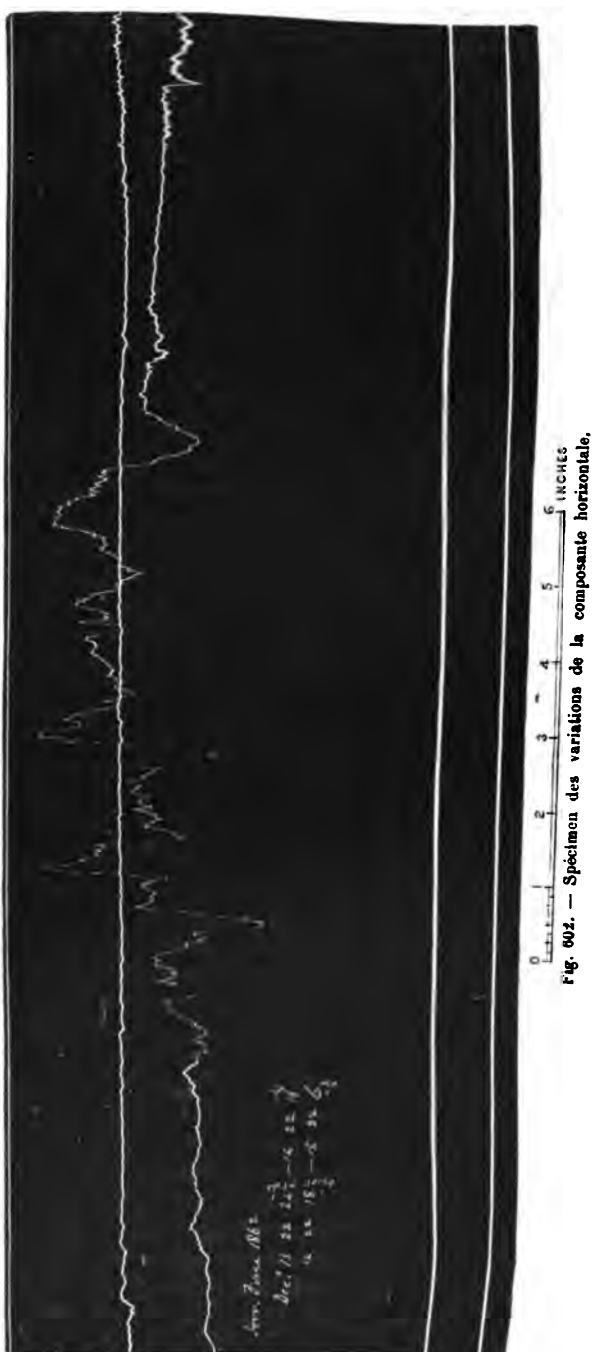


Fig. 602. — Spécimen des variations de la composante horizontale.

de ces aimants est suspendu par un seul fil de cocon. Il est placé sur un bloc de pierre massif. Le miroir est coupé en deux moitiés, dont l'une

est suspendue à l'aimant et l'autre fixée au-dessous. Cette dernière moitié donne un rayon réfléchi de direction fixe, dont l'angle avec le méridien est connu, et qui sert de repère. Un écran, mû par l'horloge, intercepte la lumière du miroir fixe pendant une ou deux minutes toutes les deux heures. On a ainsi une vérification de la marche de l'horloge.

Les variations de la composante horizontale sont enregistrées par l'aimant (2), que supporte une suspension bifilaire. Cette suspension est formée par un fil d'acier dont les deux bouts sont fixés à une vis horizontale perpendiculaire au méridien. Ce fil supporte une poulie à laquelle est attaché l'aimant.

Quand la composante horizontale varie, l'aimant tourne dans un sens ou dans l'autre. La valeur de cette composante, pour une position donnée de l'aimant, se détermine par des expériences d'oscillation. Les mouvements sont enregistrés sur l'autre cylindre tournant. Un demi-miroir fixe fournit encore une ligne de repère. Les distances de la courbe à cette ligne peuvent être considérées comme proportionnelles à la force pour de petites variations.

La figure 602 montre les variations de la composante horizontale pour deux jours consécutifs, le premier ayant donné des changements ordinaires et le second une violente tempête magnétique. Pour deux jours à variations ordinaires, les tracés ne se coupent pas. On n'a pas figuré les interruptions de la ligne des repères qui ont lieu toutes les deux heures.

Enfin la composante verticale est indiquée par un barreau (3), monté sur un axe garni de couteaux et reposant sur des plans d'agate (Voy. MAGNÉTOMÈTRE BALANCE), et ramené par un poids de laiton dans une position presque horizontale. Si la composante verticale augmente, l'aimant se rapproche de la verticale. L'enregistrement se fait comme pour les autres pièces, mais sur un cylindre à axe vertical (fig. 601, 4).

Pour éviter les courants d'air, les trois aimants sont placés dans le vide. Chaque aimant est muni d'une lunette et d'une échelle divisée, qui permettent l'observation directe. Les valeurs mesurées sur les courbes doivent être corrigées pour la température. Aussi les variations de la température sont-elles enregistrées d'une manière continue. Un thermomètre est fixé dans une fente d'un écran, d'un côté duquel est une lumière, et de l'autre un tambour couvert de papier sensible. La lumière est arrêtée par le mercure, mais elle traverse le haut du tube et impressioune le papier.

MAGNÈTO-PARLEUR. — Petit appareil de télégraphie militaire, imaginé par. M. Weissenbruck, et transmettant des signaux de deux espèces, comme le télégraphe Morse. Le trans-

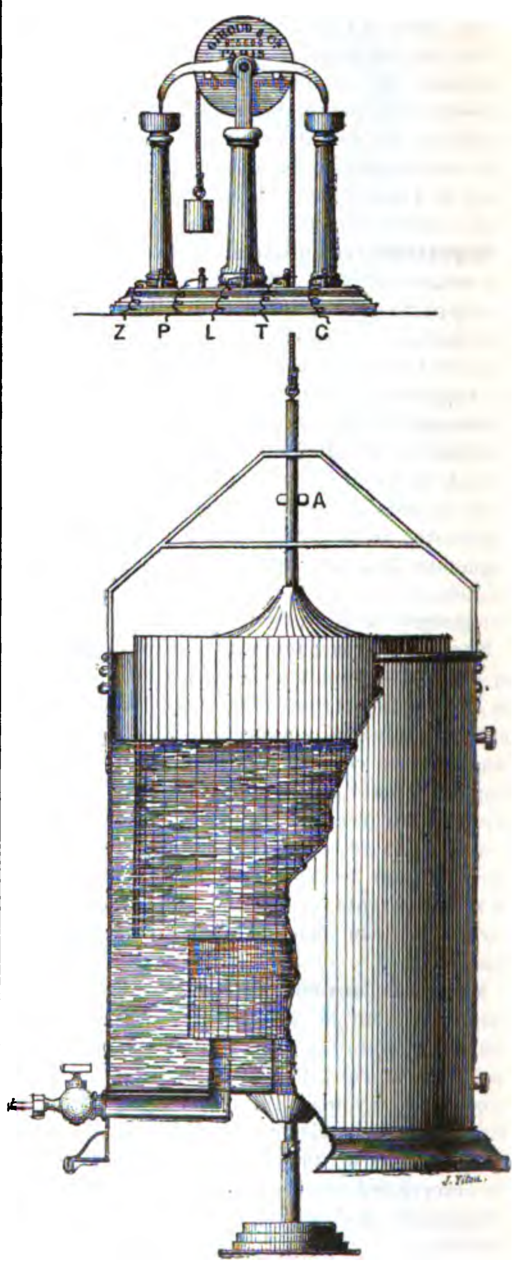


Fig. 603. — Manomètre avertisseur de la pression.

metteur est analogue au téléphone Gower; le récepteur est un téléphone ordinaire. La plaque du transmetteur est bombée; on peut l'abaisser à l'aide d'une clef Morse ou lui lais-

ser reprendre sa position. Ces deux mouvements produisent dans le récepteur deux sons distincts. Il suffit d'un fil de ligne ; le retour se fait par la terre, au moyen d'un sabre qu'on enfonce dans le sol.

MAGNÉTOPHONE. — Appareil formé d'un disque de fer percé de deux rangées de trous ; l'une des rangées a, par exemple, deux fois plus de trous que l'autre. On intercale ce disque entre un aimant et deux bobines placées dans un circuit avec un téléphone. En tournant le disque, on entend dans le téléphone un accord d'octave.

MAILLECHORT. — Alliage formé de 50 p. de cuivre, 25 de nickel et 25 de zinc. Il est souvent employé pour la fabrication des bobines de résistance, parce que sa résistance varie très peu avec la température.

MANCHON. — Petit tube servant à réunir les extrémités de deux fils de ligne (Voy. ce mot).

MANIPULATEUR. — Organe transmetteur d'un télégraphe (Voy. Télégraphe).

MANIPULATION. — Action de transmettre à l'aide du manipulateur. Désigne aussi la manière de transmettre; ainsi on dit : avoir une bonne ou une mauvaise manipulation.

MANIPULER. — Transmettre à l'aide du manipulateur.

MANOMÈTRE-AVERTISSEUR DE LA PRESSION DU GAZ. — Indicateur imaginé par M. L. Giroud pour avertir lorsque la pression du gaz d'éclairage tend à sortir des limites fixées. Cet indicateur est formé d'un petit gazomètre qu'on intercale sous la conduite, au point où l'on veut mesurer les changements de pression (fig. 603). La cloche du gazomètre est suspendue à une corde qui passe sur une poulie ; elle est soutenue par un contre-poids. L'axe de la poulie porte deux aiguilles folles sur cet axe, mais qui sont soutenues par deux goupilles fixées à la poulie. Lorsque la pression sort des limites voulues, le mouvement de la poulie fait descendre l'une des aiguilles qui vient plonger dans un godet de mercure. L'une des aiguilles envoie des courants positifs, l'autre des courants négatifs, qui agissent sur un récepteur analogue à un galvanomètre. En même temps une sonnerie appelle l'attention de la personne chargée du contrôle.

MARÉGRAPHE. — Appareil enregistrant les hauteurs des marées. Voy. Fluviographe.

MARTEAU-PILON ÉLECTRIQUE. — Appareil dont le marteau glisse dans l'intérieur d'une série de bobines superposées, dont les extrémités sont reliées aux touches d'un collecteur circulaire. Les deux pôles de la source sont reliés à deux ressorts qui frottent sur ces touches, quand on tourne une double manivelle; on peut donner à ces deux ressorts un angle variable, de manière à intercaler dans le circuit un nombre plus ou moins grand de bobines. En donnant à la manivelle un courant circulaire alternatif, on fait monter et descendre le marteau. Un courant de 43 ampères peut développer un effort de 70 kilogrammes.

MASCARET ÉLECTRIQUE. — Nom donné par





Fig. 604. — Mascaret électrique.

G. Planté à une expérience dans laquelle il appuie l'électrode positive d'une puissante batterie secondaire contre les parois d'un vase plein d'eau salée, dont le liquide communique avec le pôle négatif. On observe alors, outre des sillons lumineux et des jets abondants de vapeur, un violent remous de liquide qui élève l'eau à 1,5 centimètre au-dessus de son niveau. Si le flux rencontre sur certains points des inégalités de résistance, il peut se diviser et faire naître deux ou trois monticules aqueux (fig. 604).

MASSAGE ÉLECTRIQUE. — Massage effectué

à l'aide d'un rouleau qui sert d'électrode à un appareil magnéto-faradique, dont l'autre électrode est appliquée en un point convenable du corps.

MASSE. — Quantité de matière d'un corps. L'unité de masse est la masse du gramme.

Masse d'un appareil. — Ensemble des pièces métalliques non isolées d'un appareil. *Perte à la masse* signifie qu'un conducteur est en communication avec la masse de l'appareil et par suite avec le sol.

MASSE ÉLECTRIQUE. — Charge d'un corps électrisé. On dit que la masse électrique d'un corps devient 2, 3, 4 fois plus grande lorsque, dans des conditions identiques, son action mécanique devient 2, 3, 4 fois plus grande. L'unité de masse, dans le système électro-statique, est la masse que doit posséder une petite sphère pour que, agissant sur une sphère égale, également chargée et placée à 1 centimètre, elle la repousse avec une force de 1 dyne. L'unité pratique de masse dans le système électro-magnétique est le *coulomb*, qui est 3×10^9 fois plus grande.

Il résulte de cette définition et de la loi de Coulomb que l'action qui s'exerce entre deux masses m et m' à la distance d est

$$\frac{mm'}{d^2}.$$

MASSE MAGNÉTIQUE. — Si un pôle d'aimant A agit sur un autre C, dans des conditions identiques, avec une force 2, 3, 4 fois plus grande qu'un pôle B, on dit que A a une masse magnétique 2, 3, 4 fois plus grande que B. La loi des actions des masses magnétiques est la même que celle des masses électriques.

MASSIF D'UN APPAREIL. — Syn. de MASSE D'UN APPAREIL.

MATIÈRE RADIANTE. — D'après M. Crookes, lorsque la raréfaction dans un tube à vide est poussée bien au delà du degré où les effets lumineux se produisent le mieux, le résidu gazeux se montre doué de tant de propriétés nouvelles qu'il croit pouvoir dire que le gaz est alors dans un quatrième état ou état ultra-gazeux. Il donne à cette matière le nom de matière radiante. Les différences entre cet état et l'état gazeux seraient plus grandes qu'entre l'état liquide et l'état solide. La pression à laquelle ces phénomènes se manifestent le mieux est d'environ un millionième d'atmosphère. Dans ce cas, les molécules gazeuses peuvent parcourir en ligne droite des longueurs comparables aux dimensions du récipient sans rencontrer d'autres molécules.

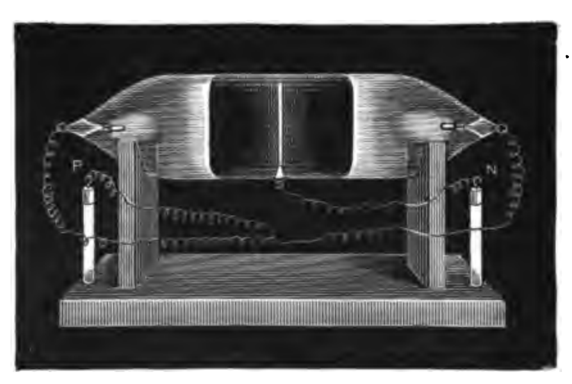


Fig. 605. — Espace obscur autour du pôle négatif.

M. Crookes a constaté les propriétés suivantes.

Lorsque le vide est poussé assez loin, l'espace obscur qui environne le pôle négatif augmente notablement. La figure 605 représente un tube qui contient au milieu un disque métallique en communication avec le pôle négatif et à chaque bout une électrode positive; l'espace obscur s'étend à 2,5 millimètres de chaque côté du disque négatif.

La matière radiante produit de la lumière lorsqu'elle rencontre un corps quelconque. Un grand nombre de corps deviennent ainsi phosphorescents et présentent des couleurs très variées.

La matière radiante se meut en ligne droite. Si l'on prend un tube en forme de V, ayant les électrodes aux deux extrémités, la branche qui contient l'électrode négative est tout entière inondée de lumière verte; mais cette lumière s'arrête brusquement à la partie inférieure et ne pénètre pas dans l'autre branche. Soient deux boules A et B (fig. 606), la première ayant

vide de quelques millimètres de mercure, ı seconde un millionième d'atmosphère. A chacune d'elles on attache le pôle négatif en *a*, où se trouve une petite coupelle un peu con-

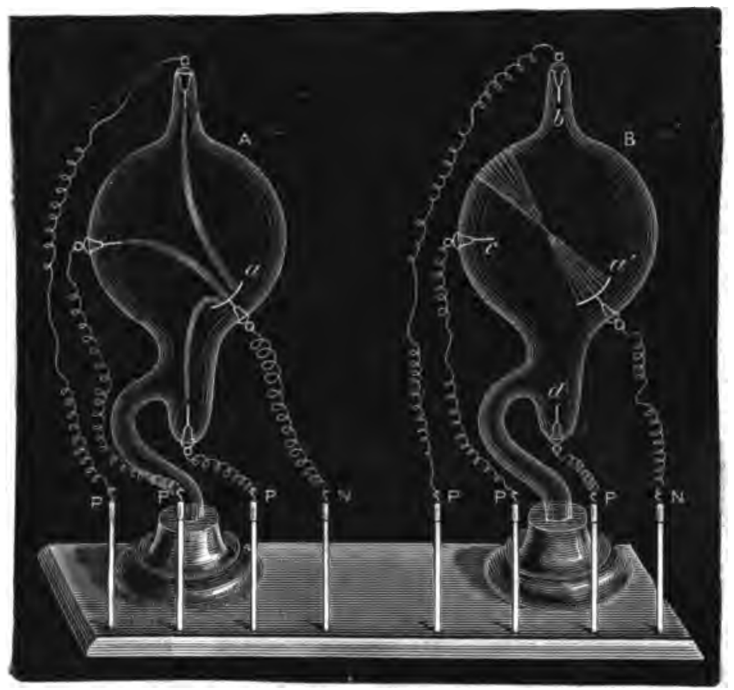


Fig. 606. — La matière radiante se meut en ligne droite.

·e, puis on attache successivement le pôle ;itif en *b*, *c*, *d*. Dans la boule A, la ligne de lumière violette qui joint les deux pôles se déplace aussi et choisit le chemin le plus court

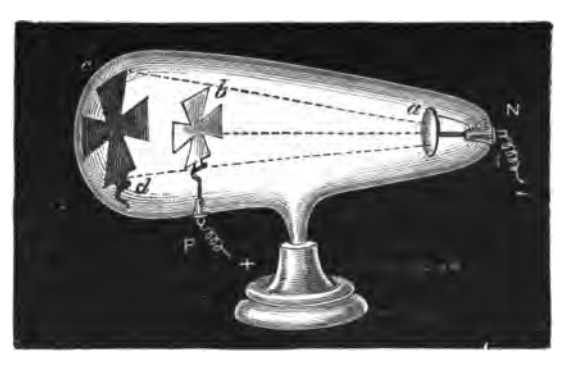




Fig. 607. — Ombres produites par la matière radiante.

our aller de l'un à l'autre. Il n'en est pas e même dans la boule B; les rayons vont toujours frapper la paroi opposée en y produisant une plaque circulaire de lumière

verte, et le reste de la boule est obscur.

La matière radiante est arrêtée lorsqu'elle rencontre un corps solide, et une ombre se trouve projetée en arrière. Ainsi, le pôle négatif étant en N (fig. 607), et une croix découpée dans une feuille d'aluminium se trouvant en *b*, on voit l'ombre noire de la croix se dessiner sur le fond lumineux du tube. De plus, les parties du tube qui ont été frappées par la matière radiante sont devenues moins sensibles à son action, de sorte que, si l'on fait tomber la croix, qui est montée à charnière, l'ombre *cd* se change brusquement en une croix lumineuse *ef*, parce que le reste du tube ne peut plu[s] qu'une faible phosphorescence. Aprè[s] [un cer]tain temps de repos, le verre recouvre [...] sa propriété, mais il ne redevient jama[is] sensible.

La matière radiante exerce une for[ce] mécanique sur les corps qu'elle frapp[e] [...] corps est facile à mettre en mouve[ment] obéira à cette impulsion. Le tube rep[résenté] fig. 608 contient un petit moulinet à [...] palettes de mica, qui peut se mouvoir su[r] rails de verre. Ce moulinet se met en m[...] dès qu'on relie les électrodes à la bob[ine]

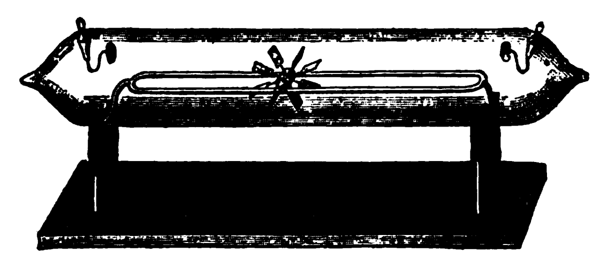


Fig. 608. — Action mécanique de la matière radiante.



Fig. 609. — Déviation de la matière radiante par un aimant.



Fig. 610. — Chaleur produite par [la matière] radiante.

duction, et va du pôle négatif au pôle positif; si l'on change le sens du courant, le moulinet s'arrête et repart en sens inverse.

La matière radiante est déviée par les aimants; on le constate facilement avec un tube (fig. 609) qui a le pôle négatif à l'une de ses extrémités, et est garni d'un écran phosphorescent sur la plus grande partie de sa longueur. Il suffit de placer sous le tube un aimant ou un électro-aimant assez puissant, et l'on voit la ligne lumineuse tracée sur l'écran se courber, et onduler comme une baguette flexible, quand on fait varier la position de l'aimant.

Enfin la matière radiante échauffe fortement les corps qu'elle frappe. M. Crookes le démontre à l'aide d'une boule de verre (fig. 610) dans laquelle le pôle négatif est conca[ve] [...] rayons convergent sur l'extrémité d'u[n mor]ceau de platine-iridium qui acquiert u[ne] [...] presque impossible à soutenir et finit [...] par fondre. En approchant un aima[nt] [...] rayons sont déviés, et le platine cesse [...] rouge.

MÉGALOSCOPE. — Voy. ÉLECTRO-M[...]COPE.

MÉGASCOPE ÉLECTRIQUE. — Voy. [...]NOSCOPE.

MÉGAVOLT. — Multiple du volt vala[nt un] million de fois cette unité.

MÉGOHM. — Multiple valant un mi[llion] d'ohms.

MÉLANGE. — Dérangement produit [...]

contact de deux ou plusieurs fils (Voy. DÉRANGEMENT).

MÉLOGRAPHE. — Instrument imaginé par M. Carpentier pour enregistrer un morceau de musique exécuté sur un piano.

Le mélographe peut s'adapter à tous les pianos sans les détériorer, car il constitue un appareil à peu près indépendant, dont la pièce principale est une sorte de récepteur Morse ayant autant de leviers qu'on veut utiliser de touches, par exemple 37 pour 3 octaves. Ce récepteur est commandé par un transmetteur, qu'on introduit dans le petit espace vide qui se trouve sous les touches, et qui est formé d'une planchette portant une série de ressorts dont chacun se place sous une touche. Lorsqu'on joue, chaque ressort s'abaisse et se relève avec la touche correspondante, établissant un contact d'autant plus prolongé que la touche reste elle-même plus longtemps enfoncée.

L'enregistrement se fait sur une bande de papier entraînée uniformément par un petit moteur électrique, commandé par six accumulateurs; le mouvement de ce moteur est rendu absolument régulier par un volant et un appareil à force centrifuge; la vitesse du papier est d'environ 3 mètres par minute.

Le papier passe sous un cylindre à gorges, qui forme comme une série de molettes sans cesse enduites d'encre oléique par un rouleau placé à la partie supérieure. Au-dessous du papier se trouvent, sous chacune des molettes, une série de styles commandés chacun par un petit électro-aimant. Ces électros sont réunis séparément aux ressorts de contact par un petit câble à trente-huit conducteurs, le dernier servant de retour commun. Chaque fois qu'on appuie sur une note, l'électro-aimant correspondant attire son armature et le style appuie le papier sur la molette, produisant un trait plus ou moins long. La largeur du papier est de 12 centimètres, ce qui fait 3 millimètres pour chaque note. Chaque note est donc représentée par un trait dont la position par rapport aux bords du papier correspond à sa hauteur, tandis que la longueur correspond à sa durée.

M. Carpentier a complété cette invention par celle d'un *perforateur* et d'un *mélotrope* qui permettent de reproduire automatiquement les morceaux enregistrés par le mélographe. Nous n'insisterons pas sur ces appareils qui n'ont rien d'électrique ; le lecteur pourra en trouver la description dans la *Nature* (n° 734, 25 juin 1887).

MEMBRANE. — Plaque vibrante d'un téléphone ou d'un microphone.

MÉRIDIEN MAGNÉTIQUE. — Plan vertical ayant pour trace la ligne des pôles d'une aiguille aimantée mobile dans un plan horizontal. L'angle que fait ce plan avec le méridien astronomique est la *déclinaison;* il se mesure à l'aide des boussoles (Voy. ces mots).

MESURES ÉLECTRIQUES. — Les mesures électriques peuvent se faire directement ou indirectement; dans le premier cas, on mesure la quantité cherchée elle-même; dans le second, on déduit sa valeur de la mesure de quantités auxquelles elle est liée par des formules connues.

Les principales mesures qu'on a à faire en électricité sont les mesures d'intensité, de force électromotrice, de capacité, de résistance, etc. On trouvera à chacun de ces mots les méthodes qui s'y rapportent. Nous donnerons seulement ici quelques indications générales.

Lorsqu'on a souvent à effectuer des mesures électriques, il est commode d'avoir une installation permanente qui, avec quelques petits changements, se prête à tous les besoins. Tel est le but de la table de mesures (fig. 611), construite par la maison Bréguet, et qui permet de mesurer la résistance des conducteurs et des piles, la capacité des câbles et des condensateurs, l'isolement des conducteurs, la force électromotrice des sources d'électricité, l'intensité des courants. Cette table comprend

A. Un galvanomètre Thomson (1), avec son échelle de réflexion (2), et son shunt (10) permettant de diviser jusqu'à $\frac{1}{1000}$ le courant qui doit le traverser.

B. Une caisse de résistances avec pont de Wheatstone (6).

C. Deux autres caisses simples de résistances (7 et 8), dont l'une (8) de 100,000 ohms.

D. Un condensateur (14), dont la capacité est de $\frac{1}{3}$ de microfarad.

E. Divers appareils accessoires, tels que commutateur multiple (3), inverseur de courant (4), commutateurs d'expériences (5 et 5 *bis*), clef à double contact successif (13), clef de décharge (12), clef de court circuit (11), prises de courant (9 et 9 *bis*), etc. Tout est disposé de sorte qu'on puisse, par une simple manœuvre de chevilles, réaliser toutes les combinaisons nécessaires.

Les piles sont supposées montées en dehors de la table, et leurs fils aboutissent aux diverses touches du commutateur multiple, qui permet de prendre à volonté de 1 à 8 éléments en ten-

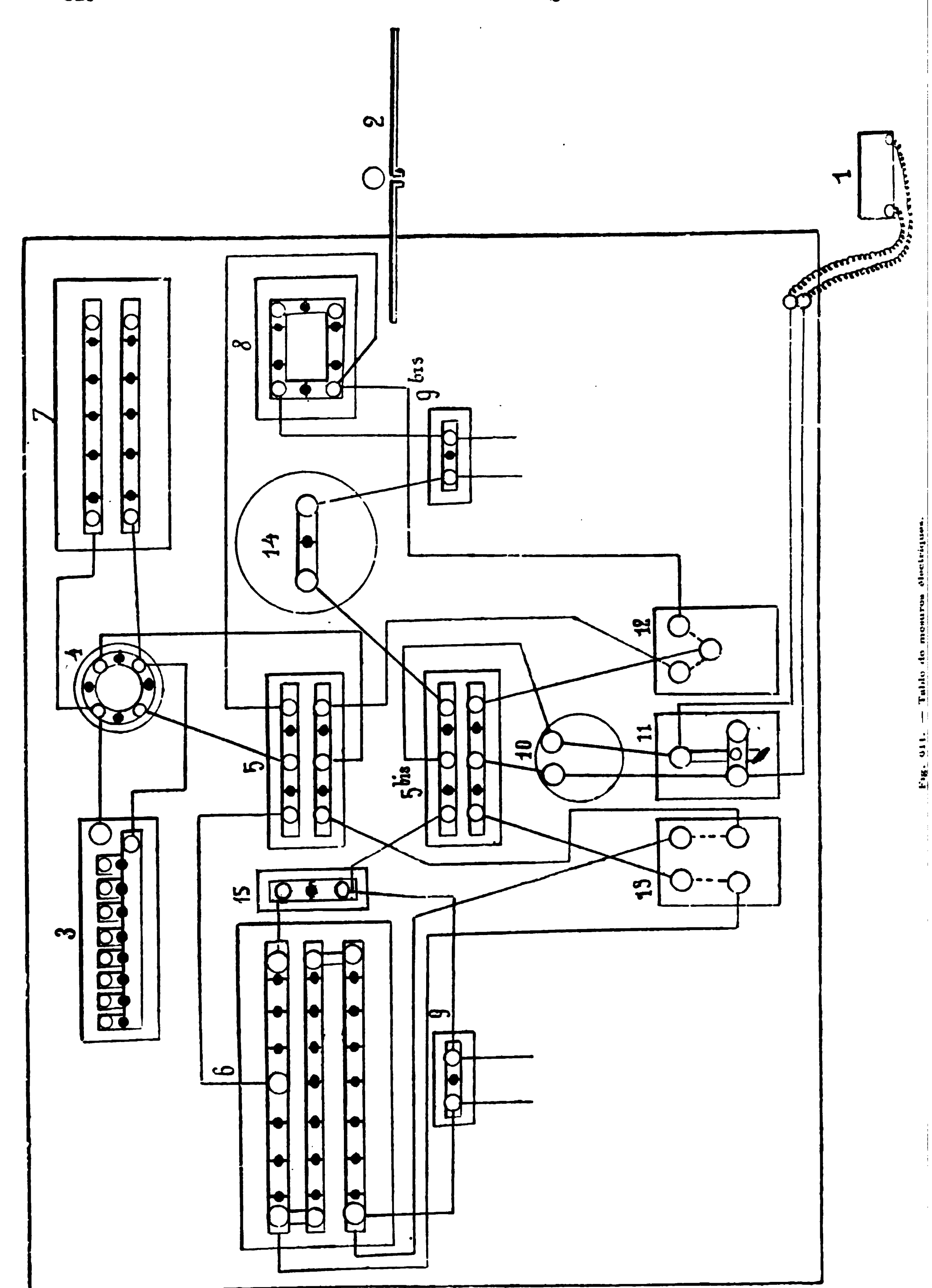


Fig. 311. — Table de mesures électriques.

sion. Le courant passe ensuite dans l'inverseur, puis dans le commutateur d'expérience, qui l'envoie, suivant la position des chevilles, dans le pont de Wheatstone ou dans le circuit direct.

Dans le premier cas, on fixe sur la prise de courant (9) la résistance que l'on a à introduire (Voy. Résistance); le courant va ensuite au galvanomètre par la clef à double contact (13), le commutateur d'expérience spécial (5 *bis*), le shunt (10) et la clef de court circuit (11). La clef (13) sert à envoyer d'abord le courant dans le seul circuit du pont, et rend ainsi plus juste la première lecture au galvanomètre.

MESUREUR D'ÉNERGIE OU VOLTAMPÈREMÈTRE. — Voy. Compteur d'électricité.

MÉTALLISATION. — Opération ayant pour but de rendre les corps non métalliques assez conducteurs pour recevoir un dépôt métallique. On métallise quelquefois avec une solution de nitrate d'argent, mais le plus souvent avec de la plombagine (Voy. Galvanoplastie et Électrochimie).

MÉTALLOCHROMIE. — Production de colorations variées sur les métaux à l'aide des anneaux de Nobili.

MÉTALLOSCOPIE. — Exploration de l'état nerveux des malades par l'application de divers métaux ; méthode imaginée en 1848 par le Dr Burq.

MÉTALLOTHÉRAPIE. — Méthode curative fondée sur l'application des métaux. Ce procédé, imaginé par le Dr Burq, a été étudié par MM. Charcot, Luys, Dumontpallier. Les rapports de cette méthode avec l'électricité ne sont pas assez connus pour que nous puissions insister.

MÉTALLURGIE ÉLECTRIQUE. — Voy. Électro-métallurgie.

MÉTÉOROGRAPHE. — Appareil enregistrant les indications relatives aux principaux phénomènes météorologiques. Il existe un certain nombre de météorographes.

Celui de MM. Van Rysselberghe et Schubart, qui fonctionne entre Ostende et Bruxelles, se compose de divers appareils météorologiques auxquels est appliqué, avec de légères modifications, le même système de transmission.

La pression atmosphérique est enregistrée par un baromètre à siphon dont les deux branches ont le même diamètre, de sorte qu'il suffit d'enregistrer les variations de niveau dans la branche ouverte et de les multiplier par deux. Toutes les dix minutes, par exemple, une sonde d'acier verticale descend dans la branche ouverte d'une quantité constante et suffisante pour qu'elle rencontre sûrement le mercure. Ce contact ferme un circuit dont le courant actionne un crayon qui trace un trait continu pendant toute la fermeture.

Voici comment s'obtient ce résultat. Au moment fixé, une horloge fait faire un tour entier, d'un mouvement uniforme, à un cylindre enregistreur vertical, dont l'axe porte deux demi-roues dentées, placées de chaque côté et à des hauteurs différentes, de façon qu'elles puissent engrener successivement avec le haut et le bas d'une roue dentée verticale. Une seconde roue dentée verticale, calée sur le même axe que la première, engrène avec une crémaillère qui commande la sonde d'acier. Cette sonde communique avec le pôle positif d'une pile, dont le pôle négatif est relié au mercure du baromètre par l'intermédiaire de l'électro-aimant qui commande le crayon.

Lorsque le cylindre commence à tourner, la première roue dentée engrène avec l'une des demi-roues et tourne de manière à faire descendre la sonde ; au bout d'un instant, celle-ci rencontre le mercure et ferme le circuit; l'électro-aimant attire son armature, et le crayon qui est fixé au bout de celle-ci, de l'autre côté de son axe de rotation, vient toucher le cylindre et trace un trait.

Quand le cylindre a fait un demi-tour, un interrupteur, placé sur son axe, ouvre le circuit; la première roue dentée, engrenant avec la seconde demi-roue, fait remonter la sonde, et le crayon est écarté du cylindre enregistreur par un ressort.

Lorsque le cylindre est revenu au repos, l'électro-aimant et le crayon, qui sont fixés à un écrou mobile sur une vis verticale, descendent d'une petite quantité, pour que les traits successifs ne se recouvrent pas. Enfin, pour éviter que l'appareil donne des traits d'autant plus longs que la pression est plus faible, les communications sont établies en realité d'une manière un peu différente : le courant établi par le contact de la sonde et du mercure agit sur un relais qui rompt le circuit d'une pile locale quand le courant général s'établit, et inversement.

Une disposition analogue est appliquée à deux thermomètres dont l'un est maintenu humide ; les indications du premier font connaître la température; comparées avec celles du second, elles donnent l'état hygrométrique.

La pluie est recueillie dans un udomètre formé d'un entonnoir amenant l'eau au-dessus

tige cylindrique à laquelle il est fixé, ce qui se fait en visant un objet, de sorte qu'il semble coupé en deux parties égales par le réticule vertical, puis retournant l'axe bout pour bout. Si

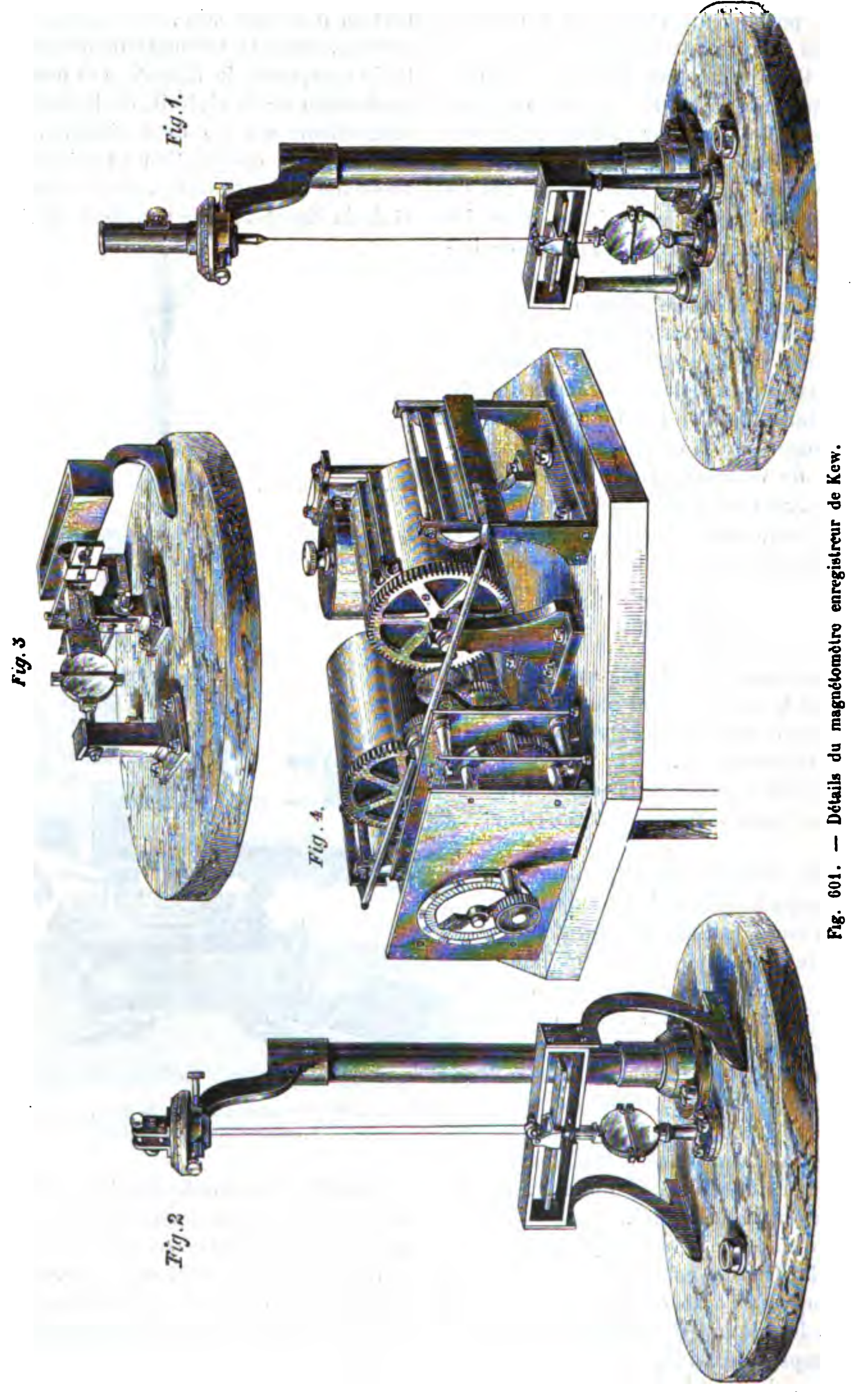


Fig. 601. — Détails du magnétomètre enregistreur de Kew.

l'objet n'est plus coupé en deux parties égales, on change l'inclinaison du miroir à l'aide de la vis de réglage ; 3° rendre l'axe optique de la lunette perpendiculaire à l'axe du miroir, ce qui se fait au moyen d'un oculaire collimateur.

Ces réglages faits, on soulève l'aimant à l'aide

ın fil de cocon; l'appareil est placé de-
ıe sphère électrisée. L'aiguille attirée
phère se met à osciller; la balle de su-
éprouvant qu'un très petit déplacement,
ıt considérer la force qui agit sur elle
constante en grandeur et en
›n, et le mouvement obéit aux
lois que celui d'un pendule. On
si la durée d'oscillation est t et F
qui produit le mouvement

$$t = \pi \sqrt{\frac{A}{Fl}},$$

la longueur de l'aiguille et A son
nt d'inertie par rapport au fil de
sion.

'HODE DE TORSION. — Méthode
nsiste à mesurer les forces élec-
s ou magnétiques par la torsion
ıl métallique ou d'une suspension
re (Voy. BIFILAIRE). La balance de
n (Voy. ce mot) est une applica-
cette méthode.

méthode de torsion sert égale-
à déterminer le produit du mo-
M d'un aimant par la composante hori-
e H du champ terrestre. On suspend un
au aimanté par un fil métallique, de
qu'il soit dans le méridien lorsque le fil
ns torsion, et l'on tord ensuite le fil à la
supérieure pour faire tourner le barreau
°. On a (Voy. MOMENT MAGNÉTIQUE) :

$$MH = K\theta,$$

t l'angle de torsion.

l'on remplace le fil métallique par une
ınsion bifilaire, on a

$$MH = K' \sin \theta.$$

;THODE DU MIROIR. — Méthode attribuée
ɡgendorff, et qui sert à mesurer la dévia-
l'une aiguille tournant dans un plan hori-
ıl, comme celle des électromètres, galva-
ètres, etc.

fil de suspension de l'aiguille porte un
miroir concave qui tourne avec elle, et
dispose en face de ce miroir, à la distance
entre de courbure et de part et d'autre de
ɔint, dans le plan vertical, une fente lumi-
ıe et une échelle divisée en millimètres,
te ou courbée en arc de cercle. L'aiguille
t au repos, le miroir donne sur l'échelle
image de la fente en vraie grandeur, géné-
ment au-dessus de celle-ci, lorsque l'appa-
reil est bien disposé. Si l'aiguille tourne d'un angle α, les rayons lumineux envoyés par la fente sur le miroir n'ayant pas changé de direction, les rayons réfléchis tournent d'un angle 2α. L'image passe de la division a à la

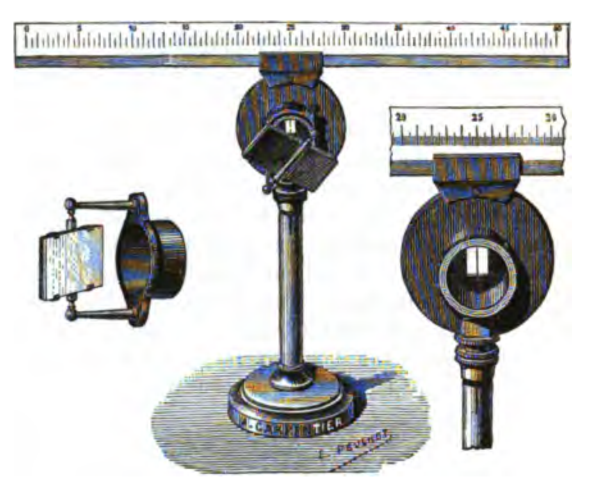


Fig. 612. — Appareil pour la méthode du miroir.

division b. Soit d la distance de la fente au miroir

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{b-a}{d}.$$

Les angles qu'on mesure par cette méthode

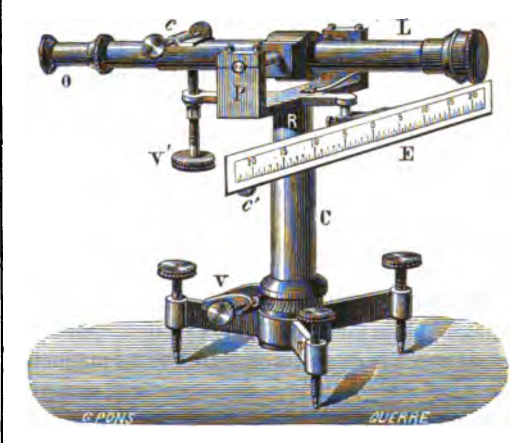


Fig. 613. — Viseur pour la méthode du miroir.

étant toujours très petits, on peut confondre la tangente avec l'arc, et l'on a

$$\alpha = \frac{b-a}{2d}.$$

Une des meilleures dispositions consiste dans l'emploi d'une fente très large, au milieu de

laquelle est tendu un fil vertical opaque, et d'une règle en verre dépoli qu'on observe par derrière (fig. 612). Au lieu de placer une lampe immédiatement derrière la fente, on la dispose latéralement dans une lanterne et l'on dirige la lumière sur la fente à l'aide d'un miroir plan pouvant s'incliner dans tous les sens. L'image du fil se détache en noir sur l'image éclairée de la fente et celle-ci facilite la lecture des divisions.

La même méthode peut être appliquée d'une façon un peu différente. L'aiguille porte un miroir plan, devant lequel on dispose, à une distance quelconque, une petite lunette astronomique L (fig. 613), munie d'une règle divisée E. On règle la lunette pour voir nettement l'image des divisions de la règle. Dans ce cas, c'est le rayon réfléchi qui reste fixe, tandis que le rayon incident tourne d'un angle 2α pour une rotation α du miroir, et l'on a encore

$$\alpha = \frac{b-a}{2d}.$$

Cette dispositisn permet d'augmenter la sensibilité; plus l'appareil est loin du miroir, plus le déplacement $b-a$ est grand pour un même angle α.

Le modèle représenté permet un réglage très rapide.

MÉTHODE POLAIRE. — On nomme parfois méthode polaire ou unipolaire (électrophysiologie et électrothérapie) la méthode d'électrolyse dans laquelle on emploie deux électrodes de surface très différente, l'une formée d'une large plaque recouverte de peau, l'autre d'une plaque très petite, d'une aiguille, etc. De cette façon, on rend à peu près insensibles les effets chimiques qui se produisent au premier pôle en laissant subsister seulement ceux qui prennent naissance au second (Voy. GALVANOCAUSTIQUE CHIMIQUE).

MÈTRE-AMPÈRE. — Unité employée quelquefois pour mesurer l'effort exercé normalement aux lignes de force d'un champ magnétique par un conducteur de longueur l parcouru par un courant d'intensité i; cet effort est kli en mètres-ampères, k étant l'effort lorsque l et i sont égales à 1.

MÉTRONOME ÉLECTRIQUE. — Voy. BATTEUR DE MESURE.

MHO. — Anagramme de ohm, proposé par sir W. Thomson pour représenter l'inverse de l'ohm, c'est-à-dire l'unité de conductibilité. Cette locution n'est pas encore adoptée.

METTRE SUR BOIS. — Tourner la manette d'un commutateur de sorte qu'elle le bois, et non sur le plot de contact interrompre le courant.

MICRO-ÉLECTROMÈTRE. — App... à mesurer de très faibles quantités...

MICROFARAD. — Unité auxiliaire ... cité, égale à un millionième de farad.

MICRO-GRAPHOPHONE. — Appar... au phonographe et au graphophone ... récemment par M. Gianni Bettini. ... ment (fig. 614) possède à peu près les organes que le phonographe. Un ... un moteur électrique, tourne uniform... avance en même temps. Il porte un ... cire sur lequel un style enregistre les ... cylindre agit ensuite sur un autre style ... reproduire par une membrane vibrant... qu'il a enregistrés.

Les modifications qui caractérisent ... vel appareil portent surtout sur les dis... destinés à agir sur le style ou à vibrer ... influence. En effet, dans le phonograph... reproduits présentent toujours un ... tallique et, grâce à la faible amplitude ... vement vibratoire, ils sont très peu ... Dans les derniers modèles, le prem... a été éliminé dans une certaine me... le second est devenu si exagéré qu'il ... saire de faire usage de tuyaux acoust... sont ces deux inconvénients que M. B... cherché à faire disparaître par une ... convenable de la membrane et du style ... mouvements vibratoires d'une mem... phonographe sont assez complexes ... fixé au centre ne recueille que les ... de ce point, et celles-ci sont en outre ... par les ondes de retour des autres ... en mouvement.

Pour éviter ce défaut, M. Bettini em... diaphragmes de très petit diamètre, ... que les premières vibrations n'aient ... dire pas à subir l'influence de celles ... viennent d'une seconde zone active. ... membrane aussi petite ne donnerait ... intensité suffisante; l'inventeur y a ... faisant usage de plusieurs membranes ... genre, et le style est relié par une ... lique au centre de toutes ces membranes ... le montre le premier dessin (fig. 615). ... a essayé plusieurs dispositions anal... toutes ont parfaitement réussi. Dans le ... dessin, les membranes sont de dimens... férentes et réglées pour reproduire ... l'un des tons de la voix humaine; le ... encore réuni aux centres de toutes les

Les sons divers sont reproduits avec bre exact, et l'intensité est suffisante on puisse les entendre en tous les points d'une pièce assez vaste. La figure montre encore deux autres dispositions dans lesquelles on s'est servi d'une seule membrane.

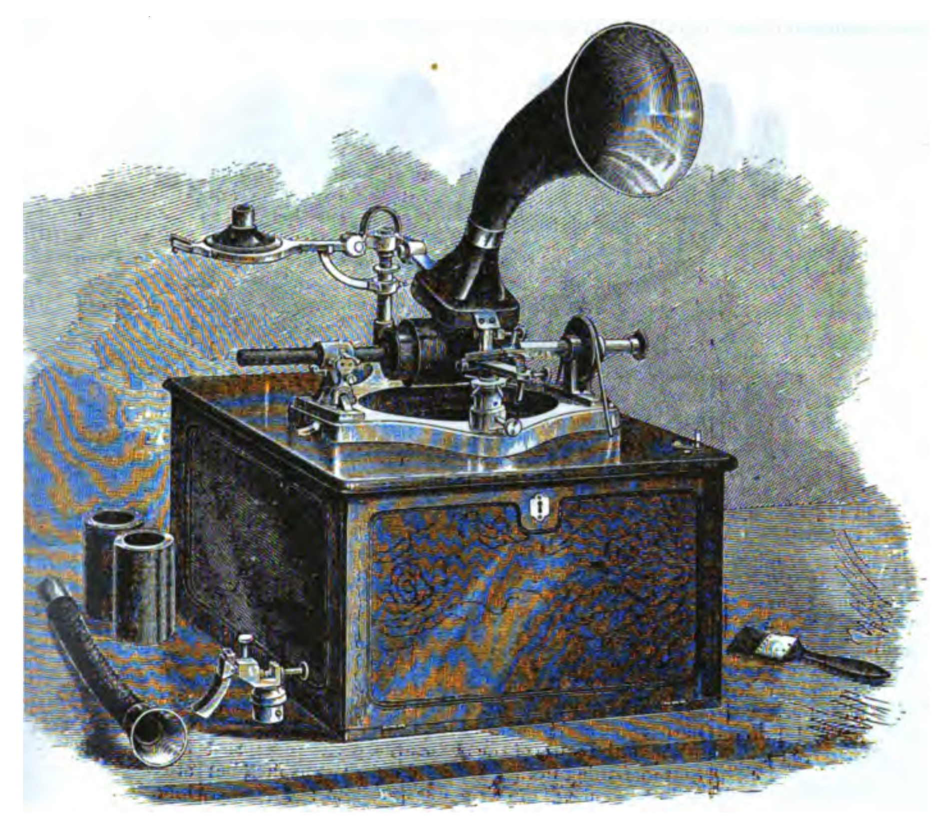


Fig. 614. — Micro-graphophone.

ı première, on a relié le style à plusieurs du cercle sur lequel les vibrations ont la plus grande amplitude; sur l'autre, on a choisi les différentes zones vibrantes séparées par les

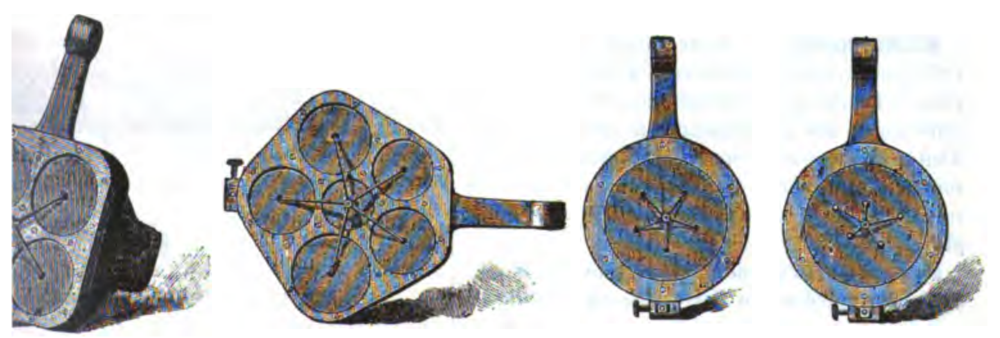


Fig. 615. — Membranes employées dans le micro-graphophone.

s, et chacune de ces zones reçoit l'une des :hes de la griffe métallique qui porte le . Toutes ces membranes reproduisent les sons avec la même clarté : les unes conviennent mieux pour la voix humaine, les autres pour les sons musicaux.

tige cylindrique à laquelle il est fixé, ce qui se fait en visant un objet, de sorte qu'il semble coupé en deux parties égales par le réticule vertical, puis retournant l'axe bout pour bout. Si

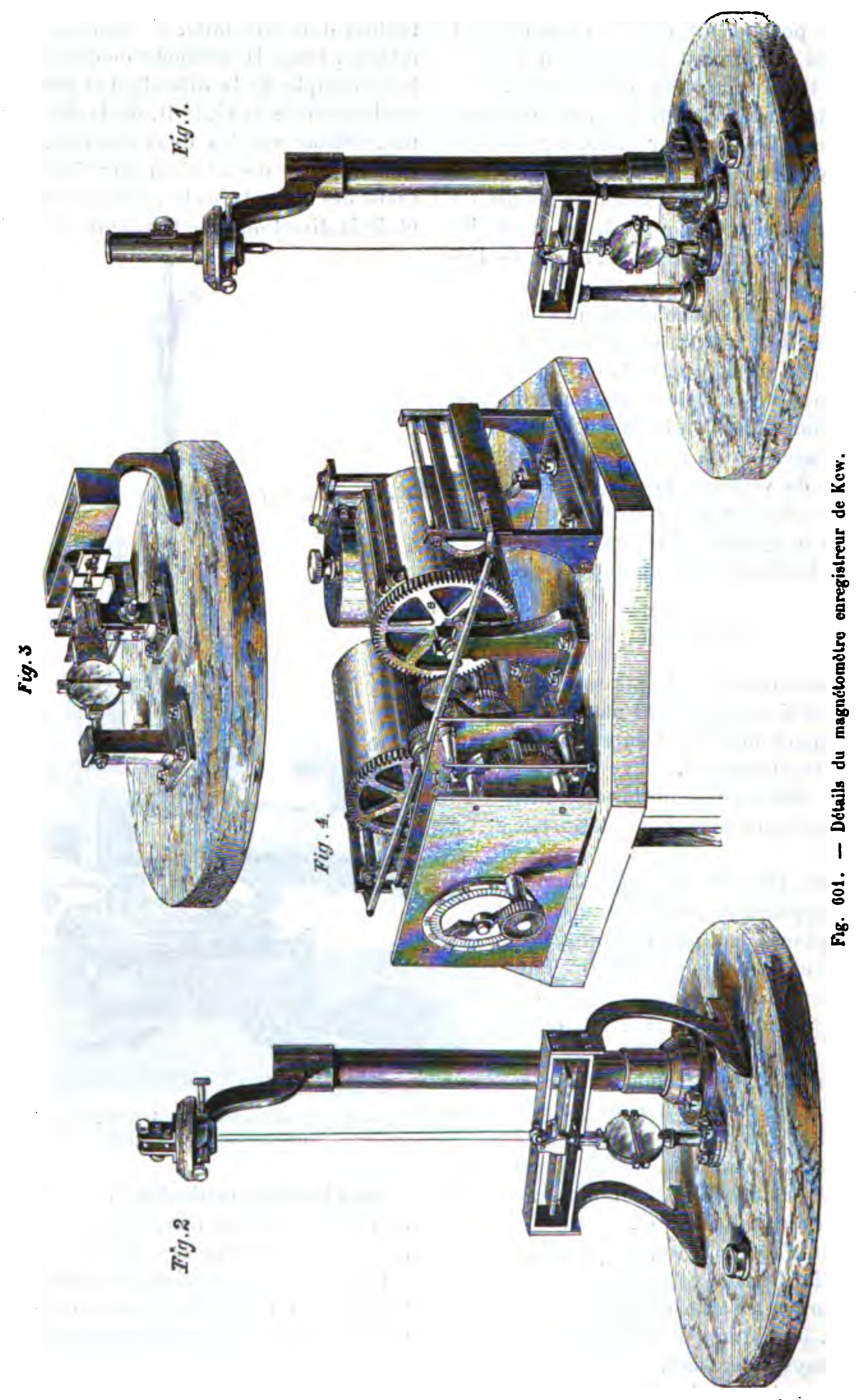


Fig. 601. — Détails du magnétomètre enregistreur de Kew.

l'objet n'est plus coupé en deux parties égales, on change l'inclinaison du miroir à l'aide de la vis de réglage ; 3° rendre l'axe optique de la lunette perpendiculaire à l'axe du miroir, ce qui se fait au moyen d'un oculaire collimateur.

Ces réglages faits, on soulève l'aimant à l'aide

de la crémaillère, de manière qu'on puisse viser le miroir des passages. On vise le soleil par réflexion dans ce miroir, et l'on note au chronomètre le moment où chaque bord de l'astre passe au réticule. Pour éliminer toute erreur dans le réglage du miroir, on le retourne sur ses supports et l'on recommence la mesure. De ces observations et de la connaissance de l'heure, de la latitude et de la longitude, ou déduit la direction du méridien astronomique. On abaisse ensuite l'aimant, et l'on détermine le méridien magnétique comme avec une boussole.

Magnétomètres bifilaires. — On fait aussi des magnétomètres dans lesquels l'aimant est supporté par une suspension bifilaire. On les emploie surtout pour mesurer les variations de l'intensité. On tord les fils à la partie supérieure jusqu'à ce que la torsion maintienne le barreau dans un plan perpendiculaire au méridien magnétique. Si la composante horizontale du champ vient à diminuer, la torsion l'emporte, et la déviation augmente. Si la composante horizontale augmente, la déviation diminue. Cette disposition est employée dans le magnétomètre enregistreur de Kew, décrit plus loin.

Magnétomètres balances. — Ces instruments, qui servent à mesurer les variations de la composante verticale, sont formés d'un barreau supporté, comme un fléau de balance, par un couteau reposant sur un plan d'agate, et lesté par des pièces non magnétiques, pour rendre l'équilibre stable; un contre-poids est appliqué sur le côté sud du barreau pour le ramener à l'horizontalité. Si la composante verticale du champ vient à varier, le fléau s'incline dans un sens ou dans l'autre.

Magnétomètres enregistreurs. — Ces appareils servent à inscrire les variations diurnes et horaires des éléments magnétiques. Un miroir, fixé à l'aimant mobile, renvoie un rayon de lumière venant d'une lampe sur une bande de papier photographique, mue par un mouvement d'horlogerie. On observe ordinairement la déclinaison, la composante horizontale et la composante verticale.

Les figures 600 et 601 représentent l'appareil employé à l'observatoire de Kew. Le mouvement d'horlogerie (4) est placé dans une boîte de bois au centre de l'appareil; deux cylindres horizontaux, dont la surface est recouverte de papier sensible, reçoivent, par des tubes de bois, la lumière réfléchie par les miroirs des aimants qui enregistrent la déclinaison (1) et la force horizontale (2). Le premier

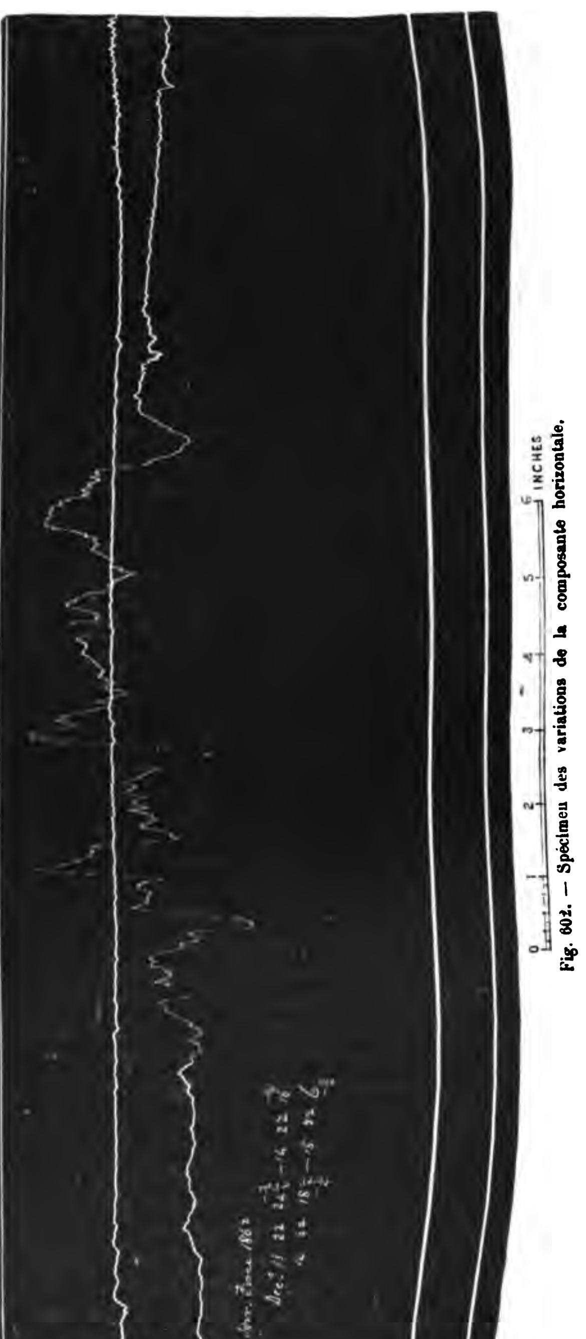


Fig. 602. — Spécimen des variations de la composante horizontale.

de ces aimants est suspendu par un seul fil de cocon. Il est placé sur un bloc de pierre massif. Le miroir est coupé en deux moitiés, dont l'une

est formé aujourd'hui de pastilles en charbon, fixées sur des lames minces de liège, et de sphères de charbon qui appuient sur ces pas-

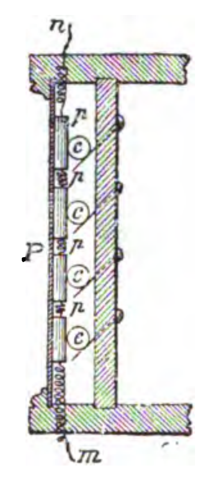


Fig. 620. — Électrophone Maiche.

tilles. Les sphères sont suspendues à une règle métallique, qui peut s'élever ou s'abaisser pour régler la pression aux points de contact. La figure 620 montre l'aspect de l'... qui est actionné par des piles du ... teur.

Microphone Theiler. — Ce microph... un des plus anciens, est surtout ... Suisse, dans les réseaux téléphoniq... Il est formé de trois charbons, ... cylindriques et collés parallèlem... lame de sapin ou de liège. Le trois... demi-cylindre, suspendu par un fi... sur les autres par son poids, augm... par une tige de cuivre fixée sur ... plane.

Microphone Dejongh. — L'instrum... par M. Dejongh présente une grand... de construction. Derrière une pl... sapin (fig. 621), qui forme le cou... boîte rectangulaire, sont fixées ... quatre rangées de pastilles de cha... forme bombée. De minces goupilles ... des cylindres de charbon C, qui s'ap... les pastilles. On a ainsi de bons co... sont en même temps légers, de fa... les *crachements,* c'est-à-dire des br... de toute espèce. Il y a 16 cylindres, ... quent 32 contacts.



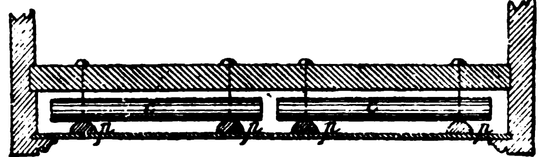


Fig. 621. — Microphone Dejongh (plan horizontal et coupe verticale).



Fig. 622. — Poste pour grandes d... microphone Dejongh.

La figure 622 montre un poste microtéléphonique complet pour grandes distances. Il comprend un microphone Dejongh, un récepteur Bell en ébonite, une sonnerie magnétiq... nant à travers 10000 ohms, une boîte ... les piles pour le microphone et ser...

pour écrire. Ce poste a été adopté pour
nes les plus longues qui existent : Paris à
lles, Porto à Lisbonne, etc.

rophone de Baillehache. — Ce microphone est constitué par des charbons creux *a*, l'intérieur desquels sont placés des corps lé quelconques *f* (boules de liège, barbe plume, duvet, grains de plomb, graines (

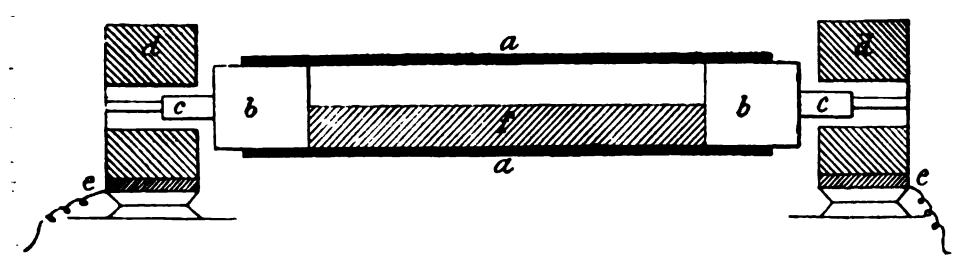


Fig. 623. — Disposition d'un charbon creux du microphone de Baillehache.

ıses, etc.) susceptibles de se déplacer sous uence de la voix et des courants induc-s (fig. 623). Les extrémités de ces tubes x sont fermées par des bouchons de charbon *bb*, munis de prolongements *cc*, qui vi nent s'encastrer dans des règles de mé substance *dd*. Ces règles peuvent être reli directement avec les conducteurs, ou repo

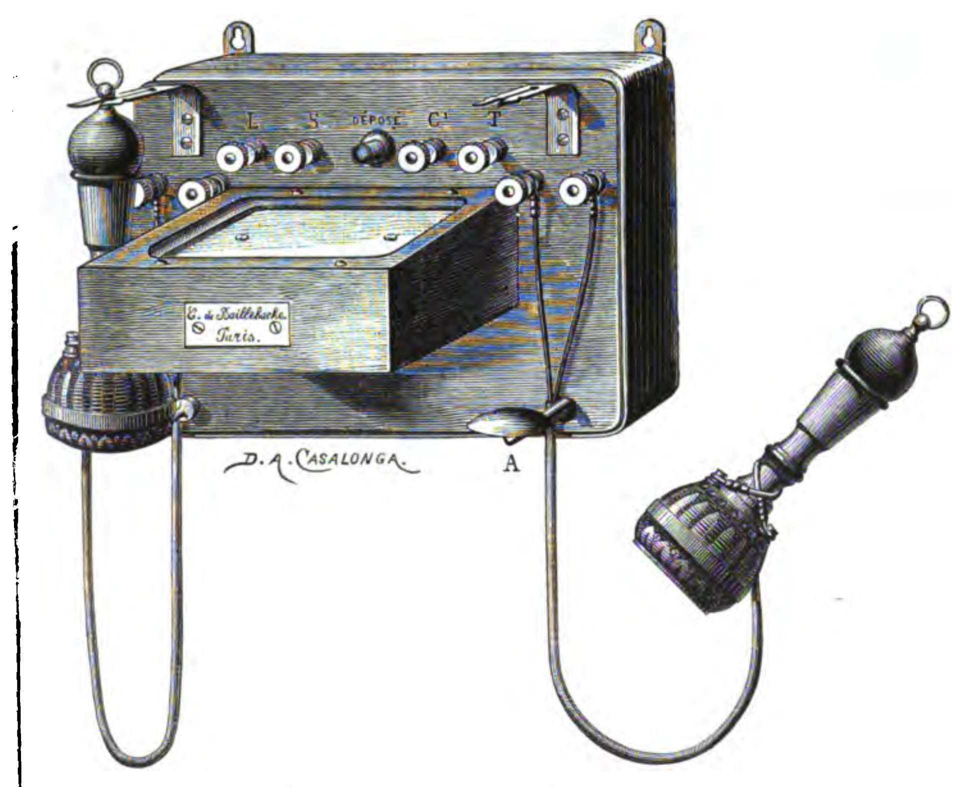


Fig. 624. — Poste microtéléphonique de Baillehache.

des pastilles de charbon *e*, autour desquelles prend les contacts.

Il existe d'autres dispositions, dans lesquelles utilise quatre charbons en croix, ou trois en T, ou deux charbons creux et deux support en forme de parallélogramme.

La figure 624 montre l'ensemble d'un poste le récepteur sera décrit à l'article Téléphone.

La figure 625 représente un autre modèle de l'appareil précédent muni de commutateurs à manette, qui ont l'avantage de donner toujours un excellent contact. On a représenté à part les différentes positions des commutateurs. La première position correspond à l'attente, la troisième à l'appel; enfin la seconde montre les communications établies.

Microphone Journaux. — Dans cet appareil, la disposition des charbons diffère de celle adoptée généralement. La lame vibrante est une planchette de sapin vertical… mètres et demi d'épaisseur, port… petites lames de charbon plat, d… tres sur 3, fixées au moyen de b… blocs de charbon, de 24 millimètre… liés séparément aux deux pôles, … chacun de huit trous cylindriqu… sur deux rangs, et dans chacun d… loge librement un crayon de 6 m… taillé en pointe, et s'appuyant sur… lames. Le courant entre par l'un d…

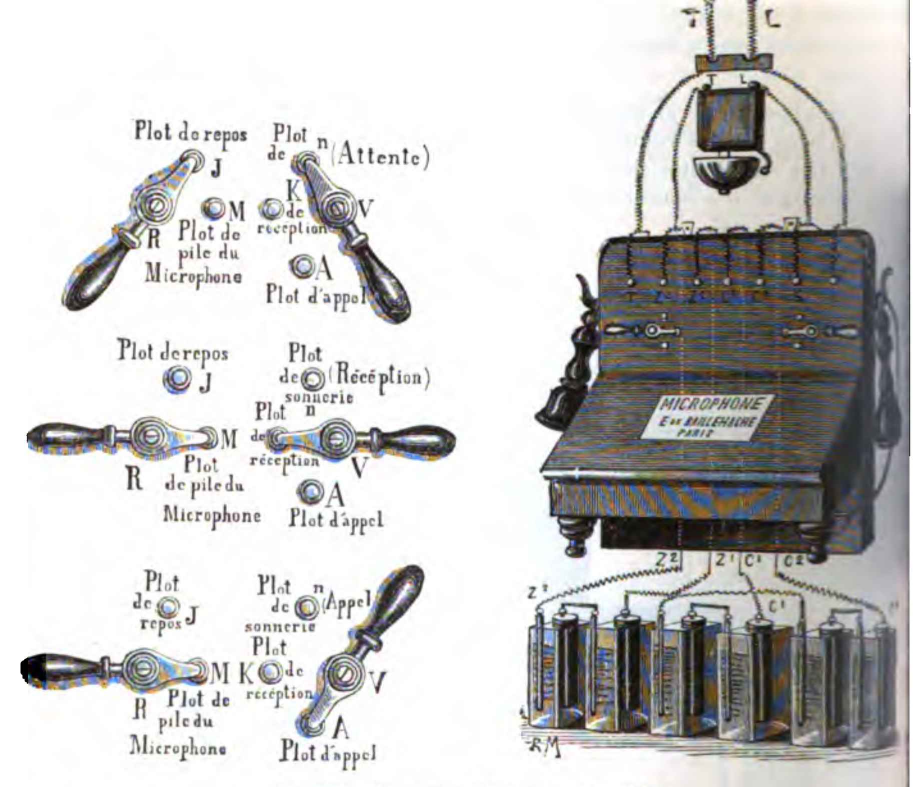


Fig. 625. — Poste microtéléphonique de Baillehache

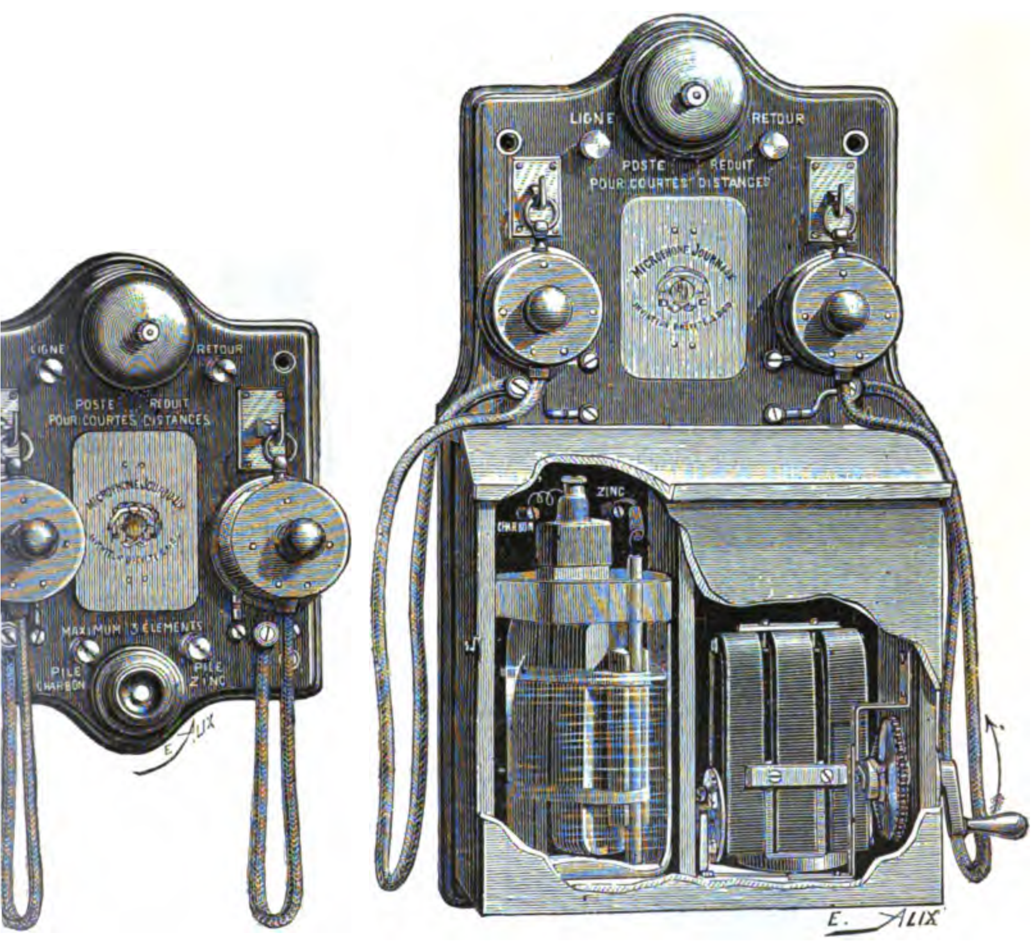
sort par le second, après avoir traversé les quatre lames et les crayons. D'après l'auteur, on obtient ainsi une grande sensibilité, et l'on évite les crachements.

Les figures 626 et 627 montrent deux postes munis de microphones et de récepteurs du système Journaux. Le premier est pourvu d'une sonnerie à pile; le bouton d'appel se voit au bas. Le second possède une sonnerie magnéto, dont on voit le mécanisme à côté de la pile. Chacun d'eux possède deux récepteurs (Voy. Téléphone).

Microphone van Rysselberghe. — M. van … selberghe, dont nous décrivons plus … système anti-inducteur (Voy. Téléph… connu que les variations de la résist… contacts du microphone ont d'autant p… valeur relative et produisent des variat… courant d'autant plus considérables … résistance totale du circuit est plus faib… suite il recommande d'employer des pil… peu résistantes et de monter tous les ch… du microphone *en quantité.* La figure 62… sente cette disposition. P est une pile à …

e ou un accumulateur; ABCD est le mi-one, et E une bobine d'induction dont le t primaire n'a qu'une faible résistance. cuit secondaire de cette bobine doit avoir nent une très petite résistance, l'expé-: ayant montré que, pour franchir de es distances, il faut produire des courants antité, et non des courants de tension. La résistance totale du circuit primaire ne dépasse pas 2 ohms, tandis qu'elle est d'environ 16 ohms dans la plupart des appareils. Ce système permet de transmettre facilement à plus de 200 kilomètres.

La figure 629 montre un poste complet du système Van Rysselberghe. Il se compose d'une boîte en noyer contenant un inducteur qui,



;. 626. — Poste microphonique Journaux avec sonnerie à pile.

Fig. 627. — Poste Journaux avec sonnerie magnéto.

en mouvement par la manivelle placée sur ité, actionne les sonneries des deux postes; sonneries sont indépendantes du transmet-, ce qui permet de les placer dans une e salle, si on le préfère. Les charbons du rophone sont disposés à l'intérieur de la e, et l'inducteur sous le couvercle. Ce cou-le est encastré dans un cadre métallique, eu d'être collé, comme dans l'appareil Ader. tube cylindrique en ébonite recueille les ations sonores et les dirige perpendiculairement sur la planchette; l'adaptation de ce tube donne d'excellents résultats au point de vue de la transmission de la parole. Le récepteur est un téléphone Bell ordinaire.

Le poste représenté fig. 630 a été créé plus récemment pour les communications interurbaines. La sonnerie magnéto, le microphone et les autres pièces sont réunis et montés sur une même planchette, ce qui rend l'installation très facile.

Microphone Berthon. — Ce microphone est

employé, concurremment avec l'appareil Ader,

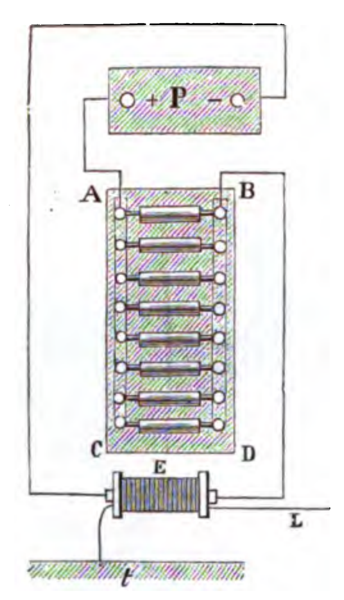


Fig. 628. — Schéma du microphone van Rysselberghe.

par l'Administration des téléphones de Paris.

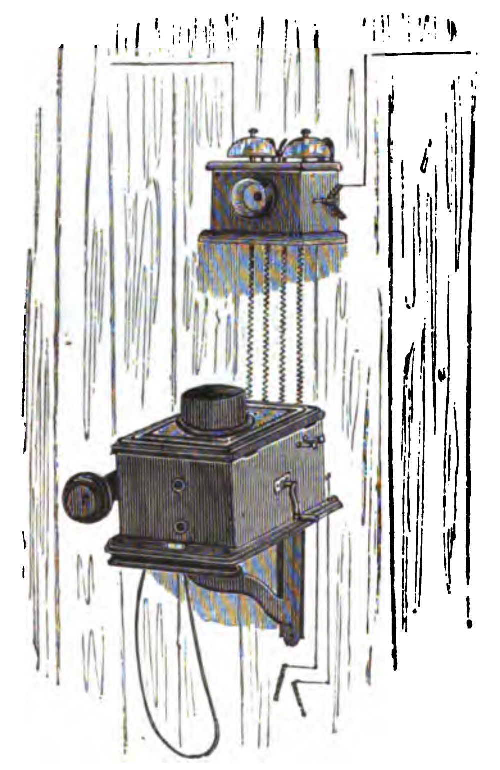


Fig. 629. — Poste microtéléphonique Van Rysselberghe.

Il est formé de deux disques en charbon de cornue PP' (fig. 631), fixés dans une laire en ébonite A par un anneau et une bague de caoutchouc *e*. Le fond de trous TT pour que la plaque infér vibrer plus librement. Un anneau fixé sur la plaque inférieure, est charbon de cornue en grenaille. Le passe d'un disque à l'autre à travers la

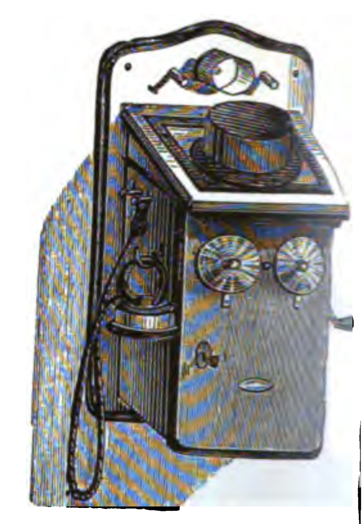


Fig. 630. — Poste microtéléphonique Van Ryss les communications interurbaines.

Le microphone Berthon est très se dérègle pas, ce qui l'a fait subst appareils Edison pour le service des centraux. La figure 632 représente la tion adoptée dans ces bureaux : le trans Berthon est relié avec un récepteur que Ader par une poignée métalli maintient le récepteur à l'oreille, pend applique la bouche au transmetteur. reil est muni en outre d'une fiche à mes, pour le service du commutateur contacts.

L'Administration des téléphones a postes Berthon un certain nombre de tions différentes; nous indiquerons les principales (Voy. Téléphonie).

Microphone Ochorowicz. — Ce microph la figure 633 montre associé avec un du même inventeur, renferme, comme cédent, du charbon en grenaille; dans trument, la chaleur développée par le paraît jouer un certain rôle.

Microphone Drawbaugh. — Nous sign fin une disposition du microphone spé destinée aux applications militaires. phone à contacts de charbon FEG, pr

ine d'ébonite D (fig. 634), est renfermé ne sorte de tire-bouchon, qu'on enfonce ; sol. Un certain nombre de ces appareils peuvent être installés dans le sol, tout autour d'un poste central d'observation, où se trouvent les piles et les récepteurs, reliés aux bornes

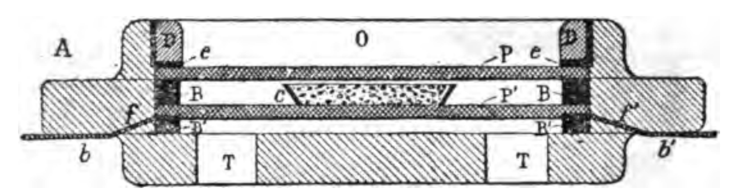


Fig. 631. — Microphone Berthon.






;. 632. — Transmetteur Berthon pour bureaux centraux.

Fig. 633. — Poste microtéléphonique Ochorowicz.

t 2. Les microphones sont influencés par s les bruits produits dans leur voisinage et font vibrer le sol, et permettent ainsi de veiller facilement les abords du poste.

Transmetteurs microphoniques à courant ect. — Il existe un certain nombre de trans-:tteurs qui fonctionnent sans bobine d'induc-n, et qui sont spécialement destinés aux tites distances, par exemple pour les appli-tions domestiques.

Microphone d'Argy et Mildé. — Cet appareil, ıaginé par M. d'Argy en 1883, a été perfec-ınné par M. Mildé. Ce transmetteur (fig. 635) t formé d'une boîte ronde et plate dont les deux faces sont des lames de laiton ondulé, semblables à celles qu'on voit sur les baromètres anéroïdes. Cette boîte est incomplètement remplie de coke en grains, et ses deux faces sont traversées au centre par deux cylindres de charbon isolés du métal par une gaine de papier. Pour passer d'un cylindre à l'autre, le courant traverse le coke en grains et rencontre une résistance variable, à cause des vibrations transmises aux deux lames métalliques. Ce système est appliqué derrière une planchette de noyer qu'on voit à la partie supérieure du poste. Le récepteur, qui est un téléphone Mildé, de forme ronde et à enveloppe métallique, se

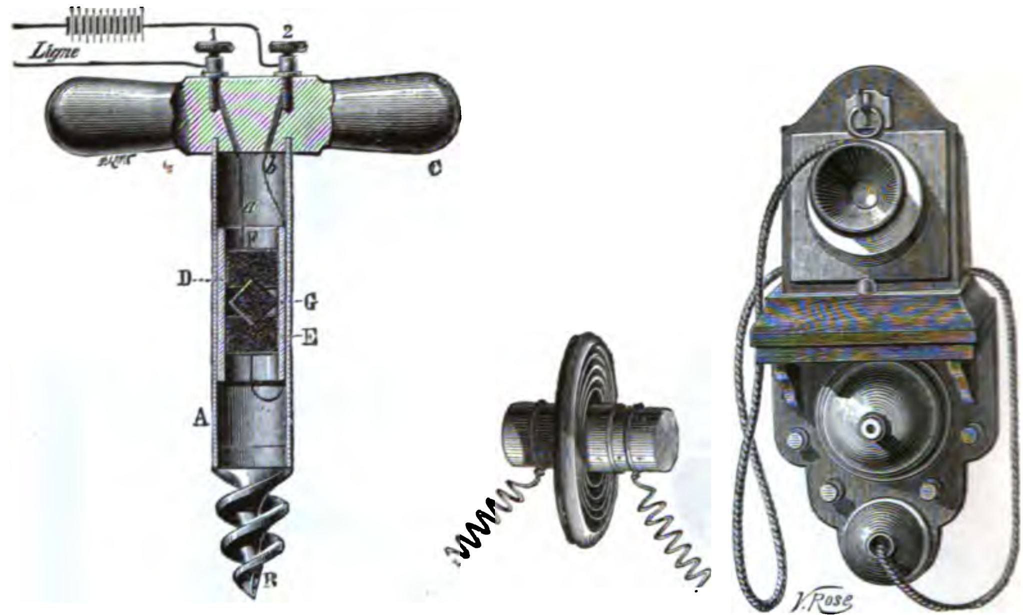


Fig. 634. — Microphone de campagne Drawbaugh.

Fig. 635. — Poste microtéléphonique dit porte-montre (Mildé).

suspend au repos à un crochet commutateur placé au-dessus du microphone ; de là le nom de porte-montre donné à l'appareil. Cette partie du poste peut se placer à volonté sur un



Fig. 636. — Poste microtéléphonique Abdank-Abakanowicz.

meuble quelconque, table, bureau, etc., ou sur la console représentée par la figure, et sur laquelle sont fixées les bornes d'attache, une sonnerie ronde nickelée et au-dessous une ro-

sace de prise de courant en noyer. De cette rosace part un câble souple se rendant à l'appareil.

Microphone Abdank-Abakanowicz. — La figure 636 représente en grandeur naturelle un poste microtéléphonique complet, pour petites distances, qui fonctionne sans bobine d'induction.



Fig. 637. — Poste Abdank avec sonnerie.

Le microphone, qu'on voit derrière le téléphone, est formé de quatre pastilles de charbon qui tendent à glisser dans quatre fentes obliques pratiquées au centre du socle, mais qui sont retenues par leur frottement, d'une part sur une lamelle de charbon fixée à la membrane, et d'autre part sur deux autres lamelles fixées au socle. On a ainsi huit contacts. Les pastilles roulent dans leurs alvéoles et les points de contact changent sans cesse et se maintiennent parfaitement propres.

Le bouton d'appel se voit à droite en B. En décrochant le téléphone, on rompt en S la communication avec la sonnerie, et l'on établit en P le contact avec la pile.

Le téléphone récepteur est à aimant circulaire et à deux bobines centrales.

La figure 637 montre un autre modèle du même appareil qui porte sa sonnerie.

Télémicrophone de Baillehache. — M. de Baillehache a appliqué le principe de son microphone à un petit appareil très simple, à courant direct (fig. 638), qui peut se placer sur toutes les installations de sonneries. Quand on décroche le récepteur, la sonnerie est mise hors circuit, et le téléphone lui est substitué. A ce moment, la sonnerie du poste correspondant est actionnée. Aussitôt que le correspondant prend son récepteur, la communication téléphonique est établie. Quand on a fini de converser, on raccroche le téléphone, le correspondant entend dans son récepteur la sonnerie tinter, et il est averti. Ce petit instrument, très pratique, est usité dans un grand nombre d'administrations.

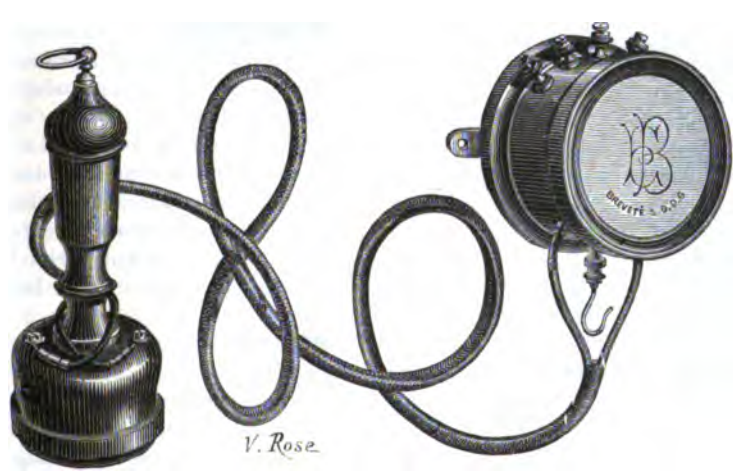


Fig. 638. — Télémicrophone de Baillehache.

Applications du microphone. — Du Moncel a proposé en 1878 d'employer le microphone à la construction de *relais téléphoniques*, analogues aux relais télégraphiques. M. Hughes a con-

struit un relai de ce genre. Le microphone qui perçoit les vibrations sonores est relié avec une pile et un autre microphone; celui-ci est placé devant un troisième qui est relié avec une autre pile et avec le téléphone récepteur. MM. Thomson et Houston ont construit un appareil du même genre; ce procédé de transmission a été abandonné. Nous reviendrons à l'article TÉLÉPHONE sur la description des postes microtéléphoniques et sur divers appareils destinés à des usages spéciaux.

Le microphone est employé à la recherche des fuites dans les conduites d'eau (voy. HYDROPHONE) et à celle des bruits sous-marins (voy. TÉLÉPHONE).

Il est employé, ainsi que le téléphone, comme galvanoscope. Ainsi, en le plaçant sur un pont de Wheatstone, et le reliant à un téléphone, on n'entend plus aucun son dans celui-ci lorsque l'équilibre des résistances est établi.

Le microphone est aussi employé en physiologie (voy. AUDIOMÈTRE, MYOPHONE, SPHYGMOPHONE, STÉTHOSCOPE, SONDE MICROPHONIQUE). M. Trouvé a construit pour l'étude des bruits musculaires un petit microphone ne pesant pas plus d'un gramme, et qui peut s'appliquer sur le muscle et s'y fixer par une aiguille ou par un fil de caoutchouc. La figure 639 représente un appa-

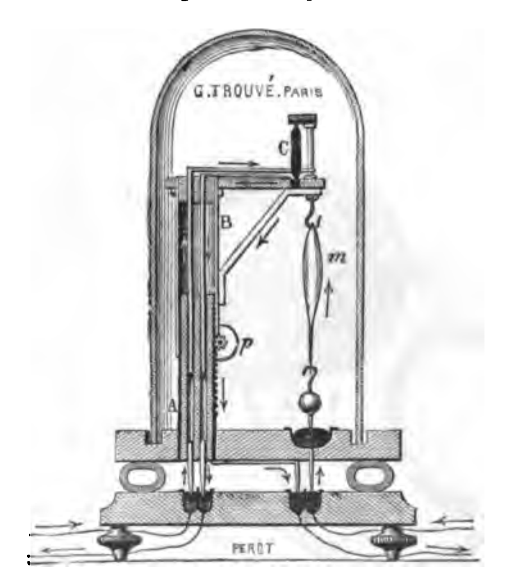


Fig. 639. — Microphone de MM. Trouvé et de Boyer pour les applications physiologiques.

reil imaginé par MM. Trouvé et de Boyer pour l'étude de la contraction musculaire. Le microphone C, très sensible, est porté sur une tige AB, dont la partie supérieure B peut s'élever au moyen d'une crémaillère et d'un p… muscle *m* est tendu par une petite b… d'un crochet et d'une pointe de p… plonge dans un godet de mercure. C… sition permet de faire passer aussi u… dans le muscle.

Enfin le microphone est appliqué … cherche des très petits changements … sion (voy. MICROTASIMÈTRE) et à l'étude … vements du sol. Le *microphone sismique*, … à cet usage, doit être disposé pour tra… nettement des battements ou des coup… pités. Celui de l'observatoire de Forli est … tué par un cône de cuivre, supporté par … même substance, et qui s'appuie dans l… d'une cavité également conique, creusé… bloc de charbon de cornue; on règle la p… du contact. L'appareil est disposé au f… puits en maçonnerie.

MICROSISMOGRAPHE. — Enregistr… très petits mouvements du sol.

MICROTÉLÉPHONE. — Appareil … transmetteur est un microphone et l… teur un téléphone (voy. ces mots).

Edison a donné le même nom à son t… à charbon, pour le distinguer des t… magnétiques. Nous décrirons cet app… ceux qui en dérivent à l'article TÉLÉP… nécessité d'un réglage très délicat les a… abandonner pour les transmetteurs m… niques.

MICROVOLT. — Sous-multiple du v… à un millionième de cette unité.

MODÉRATEUR. — Appareil im… M. Roussy pour modérer l'usure des l… incandescence neuves, introduites dans … cuit qui contient des lampes ayant d… tionné un certain temps. La doubl… lampe contient une petite colonne de … de cornue en poudre, intercalée sur l… d'un des conducteurs et formant rh… l'aide d'une vis, on fait varier la pr… charbon, pour donner à la lampe l'in… voulue.

MODULE. — On appelle *module d…* d'un câble la longueur qu'il faudrait … à ce câble, suspendu verticalement dans … de mer, pour qu'il se rompît sous son … poids. On nomme *module pratique* la l… maxima qu'on pourrait donner au câ… les mêmes conditions, sans danger de r… On admet ordinairement que ce module … tiers du premier.

MOLÉCULES ORIENTÉES. — Disqu… magnétiques portant des fils de fer da…

et qui s'orientent sous l'action d'un ; cette disposition est employée dans le mètre à molécules orientées de M. Gra-

ETTE. — Organe du télégraphe Morse : sque tournant dont la circonférence est ıment garnie d'encre et qui sert à im- les traits et les points.

ENT MAGNÉTIQUE. — Supposons un ai- éduit à deux masses magnétiques égales concentrées aux pôles, et désignons par istance de ces deux points. Le produit M est le *moment magnétique* de l'aimant. ıimant était placé dans un champ uni- d'intensité 1, l'action du champ serait ɜntée par deux forces égales à m, paral- t de sens contraire, appliquées aux deux Supposons de plus que l'axe magnétique mant soit perpendiculaire à la direction .mp : ces deux forces formeront un cou- nt le moment sera précisément $m \times 2l$, -dire le moment magnétique du couple. ın champ d'intensité H, le moment du serait MH.

'on brise un aimant en plusieurs mor- la somme de leurs moments magnéti- ɜst égale au moment du barreau total.

ɜrmination du moment magnétique. — *hode de la torsion.* — Dans un champ ma- ue uniforme d'intensité H, par exemple le ɔ terrestre, on peut déterminer facilement ɔduit MH et par conséquent le moment étique M du barreau, si l'on connaît l'in- é H du champ.

suspend un aimant par un fil métallique la balance de torsion, de sorte que le fil ıans torsion lorsque l'aimant est en équi- dans le méridien magnétique; on s'assure ette condition est remplie en remplaçant ınt par un barreau de cuivre de même ısion, qui doit prendre exactement la e position. On tord ensuite le fil de métal partie supérieure jusqu'à ce l'aimant soit ɜndiculaire au méridien; le moment de on de la terre est alors MH. D'autre part, rsion du fil a produit un couple dont le ıent est proportionnel à l'angle α dont on a ı le fil, α étant compté à partir de la nou- position du barreau ; on a donc

$$MH = k\alpha,$$

ınt le coefficient de torsion du fil.

ı pourrait remplacer le fil métallique par suspension bifilaire ; on aurait

$$MH = k' \sin \alpha.$$

2° *Méthode des oscillations.* — Une seconde ı thode consiste à faire osciller le barreau, s pendu à un faisceau de fils de soie sans torsi sous l'action de la terre. Il est soumis à une fo constante, et par conséquent son mouvem est soumis aux lois du pendule. La durée d'ı oscillation est donc donnée par la formule

$$t = \pi \sqrt{\frac{A}{MH}},$$

A étant son moment d'inertie. On tire de l

$$MH = \frac{\pi^2 A}{t^2}.$$

En opérant de même pour un autre barre de moment M', on déterminera le produit M'H l'on en déduira le rapport $\frac{M}{M'}$. On peut au calculer M en mesurant $\frac{M}{H}$ par la méthode déviation. (Voy. MÉTHODE).

Moment d'un système d'aimants. — Soient pl sieurs aimants liés ensemble invariablement placés dans le champ terrestre ; chacun d'eı est soumis à un couple. Si l'on représen chaque aimant par une droite dirigée suiva son axe et de longueur proportionnelle à sc moment, on obtiendra la direction et le mı ment de l'aimant résultant par la règle du p lygone des forces.

Influence de la température. — Le momeı magnétique d'un barreau décroît à mesure qu la température s'élève, et ne reprend par rı froidissement qu'une partie de sa valeur prim tive. On peut cependant rendre un aimant iı sensible dans une certaine limite aux variatioı de température en le recuisant plusieurs foi à une température supérieure et l'aimantant saturation entre chaque opération.

A la température ambiante, les variations dı moment magnétique sont proportionnelles au changements de température. En appelant M le moment à 0°, le moment à $t°$ est donné pa la formule

$$M = M_0 (1 - kt),$$

k étant un coefficient qui dépend de la naturı de l'acier employé et qui est toujours inférieuı à $\frac{1}{1000}$.

MONOCORDE ÉLECTRIQUE. — Appareil ima- giné par M. Blyth et dans lequel les vibrations d'une corde sont entretenues par un électro- aimant. La corde métallique est traversée par un courant, interrompu 128 fois par seconde par un électro-diapason. Un électro-aimant a

ses pôles placés perpendiculairement à la corde; en le déplaçant, on fait rendre à la corde ses divers harmoniques.

M. Schwedoff a imaginé un appareil analogue.

MONORAIL ÉLECTRIQUE. — Petit chemin de fer présenté par M. Lartigue au Concours agricole du Palais de l'Industrie en 1884. Cet appareil est surtout destiné à l'agriculture et peut par conséquent trouver son emp ferme ou une maison de campa chemin de fer à rail surélevé, qu traîné à volonté par des bêtes de en mouvement par l'électricité. C cas qui est représenté par la figure

La voie est formée par un rail en tronçons de 3 mètres de longu chevalets soutiennent à 80 centimètr



Fig. 640. — Monorail électrique.

du sol. Ces tronçons se raccordent très facilement l'un à l'autre, sans boulons ni traverses, à l'aide de deux fentes verticales qui s'appliquent sur des goupilles de même dimension. Si on le juge nécessaire, on peut donner aux chevalets plus de solidité en les clouant pour ainsi dire sur le sol à l'aide de fiches de 30 centimètres de longueur. On voit que ce matériel est fort simple et qu'il n'exige ni pour la pose ni pour l'entretien le secours d'aucun ouvrier spécial. Une équipe de six hommes peut poser 1 kilomètre de rail par jour. On cilement incliner la voie à droite ou pour éviter ou contourner toute esp tacles, un arbre, un trou, un puits, et peut de même suivre les ondulation rain sans remblais ni tranchées. Si l' sède qu'une faible longueur de rails, reporter rapidement en avant ceux qu servi.

L'appareil mobile se compose d'une série de cacolets pouvant servir à porter des marchandises ou même des personnes, et reposant chacun sur le rail par deux poulies (fig. 641); le

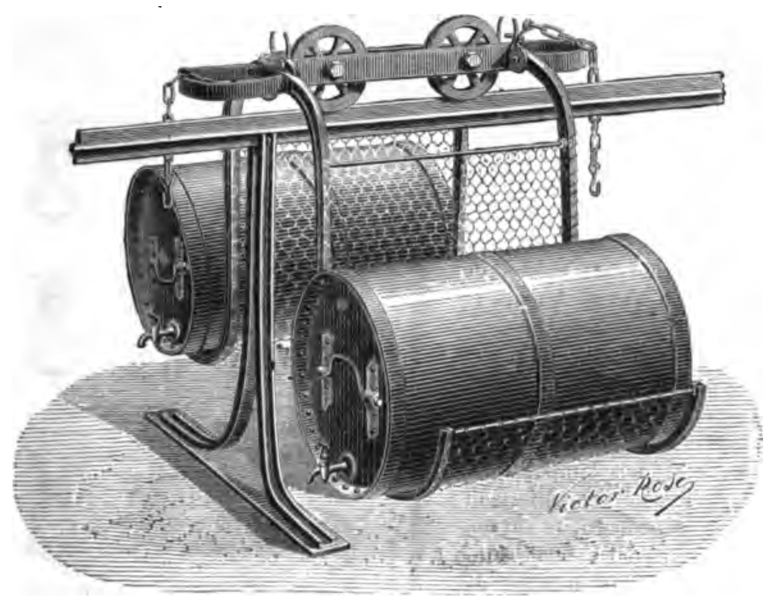


Fig. 641. — Cacolet pour le transport des liquides.

centre de gravité se trouve ainsi au-dessous du

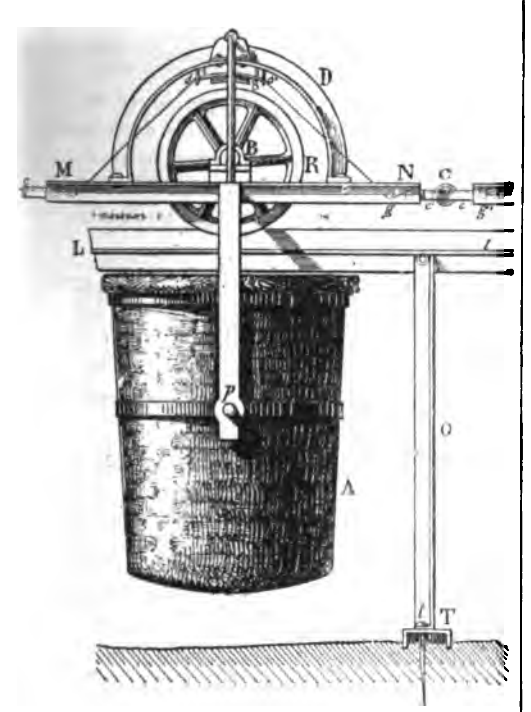


Fig. 642. — Détails du frein.

point de suspension, ce qui assure une grande stabilité.

Le premier cacolet porte un moteur Siemens. Le courant est produit à l'une des extrémités ou même en un point quelconque de la ligne, en utilisant les forces dont on peut disposer. Dans les expériences représentées par la figure, la source était une machine Siemens, alimentée par un moteur Hermann-Lachapelle. Le courant est transmis facilement au moteur au moyen du rail et des chevalets. On voit sur le devant de la figure 640 les fils qui servent à établir les communications avec le générateur. Le wagonnet porte un homme qui dirige tout le convoi et fait l'office de conducteur et de serre-frein. Un cadran indique à chaque instant la résistance et permet de régler la vitesse en conséquence. Un frein consistant en une série de petits sabots de bois S (fig. 642) peut actionner en même temps la partie supérieure de la roue à gorge de chacun des véhicules. Chaque sabot est fixé à une plaquette métallique glissant sur deux guides *ss'*. Des ressorts, qui ont leur point d'appui sur l'arcade D tendent à relever le système, que l'on abaisse brusquement, lorsque c'est nécessaire, au moyen d'une corde MN glissant sur la plaquette, puis rappelée sur les deux tiges cylindriques *g*, qui réunissent les longerons du châssis *cc'* avant l'attelage, pour remonter sur la plaquette du véhicule suivant, et ainsi de suite.

MONOTÉLÉPHONE. — M. Mercadier donne ce nom à tout téléphone dont le diaphragme peut vibrer transversalement en produisant les lignes nodales qui correspondent à un son déterminé. L'instrument ne reproduit plus alors tous les sons indifféremment; il ne vibre d'une façon appréciable que pour le son auquel il est adapté.

MONTAGE. — Manière de réunir ensemble des appareils électriques, pour obtenir les meilleurs effets dans des conditions données. Les différents modes de montage des piles, des accumulateurs et des dynamos sont indiqués au mot COUPLAGE; ceux des postes télégraphiques et téléphoniques et des sonneries aux mots TÉLÉGRAPHE, TÉLÉPHONE, SONNERIE.

Montage des foyers lumineux. — 1° *Montage des lampes à arc.* — Les lampes à arc peuvent être disposées soit en série, soit en dérivation, soit d'une manière mixte, c'est-à-dire en plusieurs dérivations comprenant chacune un certain nombre de foyers en série.

Dans le montage en série (fig. 643), on relie la borne positive de la dynamo à la borne positive du premier régulateur, la borne négative de celui-ci à la borne positive du second, et ainsi de suite ; enfin la borne du dernier est reliée à la borne négative de la dynamo.

Dans ce système, l'intensité doit évidemment être constante, et la différence de potentiel aux bornes de la machine égale à la somme des différences de potentiel nécessaires pour chaque foyer, plus la perte dans le conducteur. Il suffit donc d'établir un conducteur unique, faisant le tour de l'installation, et dont le diamètre est indépendant du nombre des foyers; on peut réaliser une grande économie sur l'installation de ce conducteur. De plus, la différence de potentiel nécessaire à chaque foyer, qui est d'environ 70 volts en dérivation, est ici un peu plus faible. La résistance du câble suffit souvent pour maintenir l'arc et assurer la marche régulière. Mais la disposition en série a l'inconvénient d'exiger des forces électromotrices très élevées; de plus, les foyers étant tous sur un circuit unique, il faut remplacer ceux qui ne fonctionnent pas par des résistances équivalentes.

On parvient cependant à éviter ce dernier inconvénient en rendant la force électromotrice proportionnelle au nombre des foyers, en diminuant la vitesse ou l'intensité [illegible] d'excitation.

Le montage en dérivation (fig. 6[illegible] pose de deux conducteurs parall[illegible] des bornes de la dynamo et all[illegible]

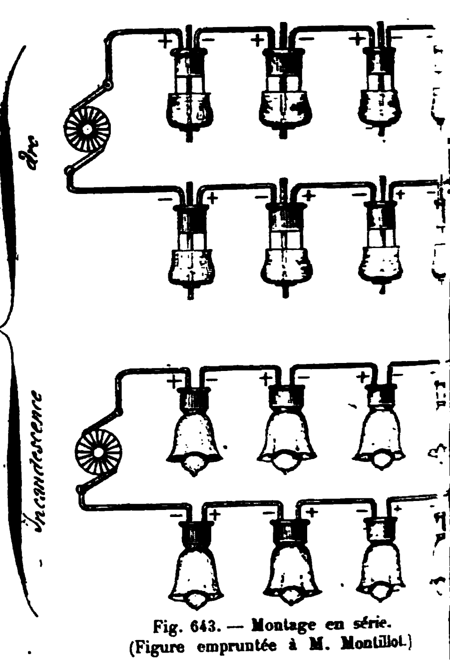


Fig. 643. — Montage en série.
(Figure empruntée à M. Montillot.)

bout de l'installation : chaque foyer [illegible] sur un fil secondaire reliant les d[illegible] teurs principaux. Une disposition an[illegible] siste à placer chaque foyer sur un[illegible] spéciale partant des bornes de la dy[illegible]

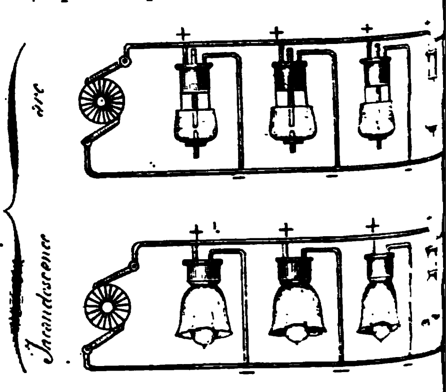


Fig. 644. — Montage en dérivation.
(Figure empruntée à M. Montillot.)

foyers sont alors complètement ind[illegible] et peuvent avoir une intensité differ[illegible] l'installation des conducteurs est tr[illegible] dieuse. Dans ce cas, la différence d[illegible] aux bornes de la dynamo doit être [illegible]

et égale à environ 70 volts. Des rhéostats sont intercalés dans les circuits pour régler la résistance.

Le montage mixte est une combinaison des deux premiers; il peut être réalisé de bien des façons; la figure 645 montre une des dispositions les plus simples. Les dérivations peuvent partir toutes des bornes de la dynamo ou être branchées sur deux conducteurs partant des bornes et allant jusqu'au bout de l'installation, comme le montre la figure.

Fig. 645. — Montage mixte.
(Figure empruntée à M. Montillot.)

2° *Montage des lampes à incandescence.* — Les trois procédés de montage indiqués pour les régulateurs s'appliquent aussi aux lampes à incandescence, mais on y a introduit dans ce cas une foule de variantes.

Le montage en dérivation (fig. 644) est le plus employé quand on n'utilise que des lampes de même résistance et de même intensité lumineuse. Il donne des résultats très satisfaisants, mais il entraîne, comme nous l'avons dit, une grande dépense de conducteurs. Il exige aussi que toutes les lampes soient identiques; mais on peut faire disparaître cet inconvénient en plaçant sur chaque dérivation un nombre de lampes différent. Ainsi l'on peut mettre sur les unes une seule lampe exigeant une différence de potentiel de 100 volts, et sur d'autres deux lampes de 50 volts. Remarquons cependant que, si une lampe de 50 volts vient à s'éteindre, elle cause en même temps l'extinction de la lampe de même intensité placée dans la même dérivation. On peut supprimer cette difficulté en faisant usage d'un fil intermédiaire qui relie les lampes de 50 volts en tension (fig. 646). La même figure montre une disposition qui a l'avantage de relier chaque foyer à la machine par des conducteurs dont la longueur totale est fixe, ce qui égalise les résistances sur chaque circuit, mais augmente la dépense d'installation.

Le montage en série (fig. 643) a été appliqué aux lampes à incandescence par M. Lodyguine. M. Bernstein a imaginé en 1883 des lampes de faible résistance destinées à être montées en série avec une distribution à intensité constante. Les lampes de M. Heisler, de Saint-Louis (Missouri), très répandues en Amérique, sont dans le même cas. MM. Siemens et Halske ont étudié un système analogue. Ce montage, très économique, exige que chaque lampe soit mise en court circuit dès qu'elle s'éteint. De plus, il exigerait, dans les grandes installations, des différences de potentiel énormes. Il est préférable alors d'avoir recours à un montage mixte (fig. 646).

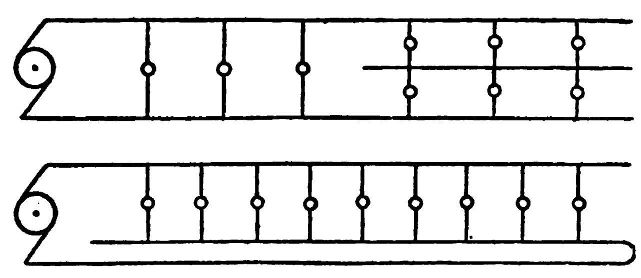


Fig. 646. — Modifications du montage en dérivation.

M. Edison a imaginé un système de distribu-

tion à trois conducteurs (fig. 647), qui permet souvent de diminuer le prix des câbles. On fait usage de deux dynamos identiques, couplées en tension, et l'on monte les lampes en dérivation, en les réunissant par un fil intermédiaire, partant du point de jonction des d… de sorte qu'il y ait le même nomb… de chaque côté de ce conducteur.

Il est facile de voir que ce systè… à deux groupes séparés, alimenté…

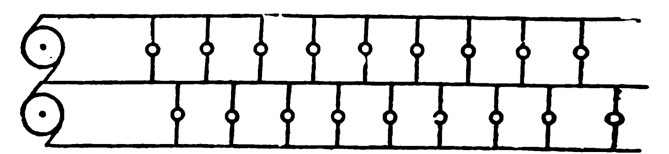


Fig. 647. — Montage à trois conducteurs.

une des machines, et dont on supprimerait un des quatre fils.

En effet, lorsque toutes les lampes sont allumées, le conducteur central ne reçoit aucun courant; si l'un des groupes est éteint, il ne reçoit que le courant d'une seule machine, et c'est là l'intensité maximum qu'il puisse recevoir. On fait donc une économie de 25 p. 100 sur le prix des conducteurs qui seraient nécessaires dans le cas de deux groupes distincts. En outre, la perte d'énergie étant la même que dans un circuit simple, et le nombre des lampes alimentées étant double, cette perte est moitié moindre que si l'on employait le système ordinaire à deux fils. On peut généraliser ce système, mais on n'emploie pas ordinairement plus de quatre machines et cinq conducteurs.

Ce système a l'inconvénient d'user plus vite les lampes et de produire des irrégularités d'éclairage. En effet, si l'on éteint plus de lampes dans un groupe que dans l'autre, l'un se trouve trop poussé et l'autre pas assez.

3° *Montage mixte de régulateurs et de lampes à incandescence.* — Il existe dans ce cas une foule de dispositions, qui varient suivant la disposition des locaux à éclairer et les besoins du service exigé.

On a essayé d'établir des dérivations de 100 volts, contenant soit une seule lampe à incandescence, soit deux régulateurs en tension, mais la faible différence de potentiel attribuée à chaque arc produit un mauvais fonctionnement. Il vaut mieux établir des dérivations de 70 volts et y placer un régulateur ou une lampe à incandescence de résistance convenable; la dépense est un peu plus grande, mais les résultats sont meilleurs. Il vaut mieux encore établir deux circuits distincts, l'un pour les arcs, l'autre pour l'incandescence.

Nous signalerons enfin deux dispositions employées par la Société américaine Thomson-Houston. La première (fig. 649) est … en série, alimenté par une dynam… nant une intensité constante de … une différence de potentiel variabl… tion comprend quatre régulateurs … gies chacun, trois lampes à incan… 125 bougies, une de 55 et une de … étant constante, les lampes ne son… menées et s'usent d'une façon n…

L'autre disposition (fig. 650) est p…

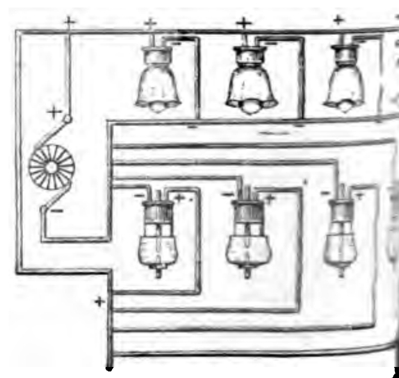


Fig. 648. — Montage mixte pour arcs et in… (Figure empruntée à M. Mon…

quée, mais elle permet d'employer d… incandescence normales de 50 volts. L… donne encore un courant à intensit… mais de 10 ampères. Le circuit comp… gulateurs de 2000 bougies, puis d… de 8 lampes à incandescence de 16 … dérivation, absorbant chacune 1,25 … se divise ensuite en deux dérivations … sistance qui reçoivent par suite cha… pères et comprennent deux groupes de … de 16 bougies.

MONTE-ESCALIER ÉLECTRIQUE. — … pareil, imaginé par M. J. Alain Ami… simple qu'un ascenseur. Deux rails p… rallèles suivent, à quelques centimètr…

ɔe de l'escalier. Sur ces rails roule un vertical muni d'un siège mobile, qui se ıutomatiquement lorsqu'il est inoccupé. riot peut être entraîné par un moteur [ue, hydraulique ou autre.

ιodèle qui figurait à l'Exposition de 1889 était mû par une machine dynamo-électrique du système Miot, qui commandait, par l'intermédiaire d'une vis sans fin, un arbre portant une noix sur laquelle s'enroulait la chaîne de traction. La montée, la descente ou l'arrêt étaient produits, à l'aide d'un commutateur, par la per-

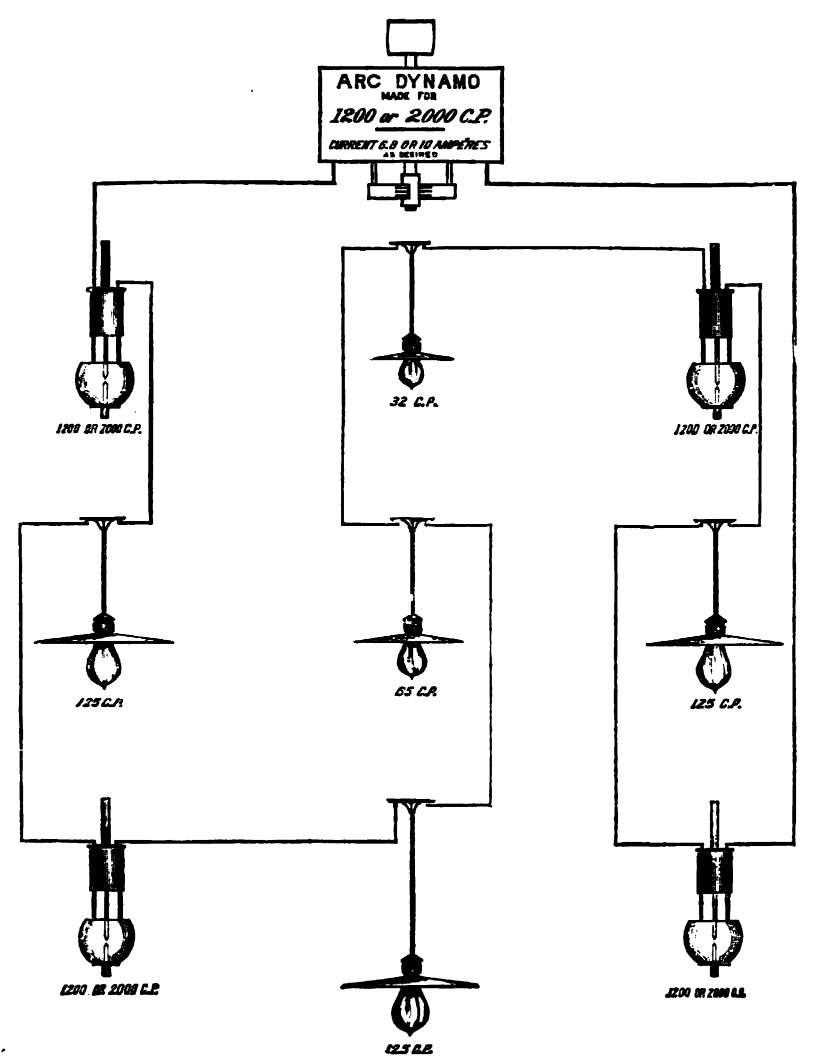


Fig. 649. — Montage Thomson-Houston.

e placée sur le siège mobile. Le courant amené par deux fils aériens provenant de ;allation des ponts roulants.

)NTRES (INFLUENCE DES MACHINES D'INTION SUR LES). — Lorsqu'on s'approche e dynamo avec une montre, il arrive souvent le ressort spiral s'aimante sous l'influence ɔhamp magnétique de la machine, et la ıtre s'arrête. L'aimantation du ressort moteur et des axes paraît sans importance. On peut éviter cet accident en ôtant sa montre, ou en ayant une montre dont le spiral soit en métal non magnétique. M. Webster a employé à cet usage le palladium. D'autres métaux ou alliages ont été aussi employés avec succès. On peut enfin avoir une montre entourée d'une boîte de fer formant écran magnétique.

MONTRE TÉLÉGRAPHIQUE. — Petit appareil

de télégraphie militaire imaginé par M. Trouvé (Voy. Télégraphe).

MORS ÉLECTRIQUE. — Ce mors, inventé par le capitaine de Place, est formé de deux parties métalliques isolées, communiquant avec les deux pôles d'une bobine d'induction et pouvant servir à arrêter un cheval emporté ou à corriger certains animaux atteints de tics n... disposition analogue sert à ferrer l... rétifs (Voy. Ferrure).

MORT PAR L'ÉLECTRICITÉ. — L... causé, surtout depuis que son emp... généraliser, dc nombreux cas de m... cidents sont fréquents en Amérique, ...

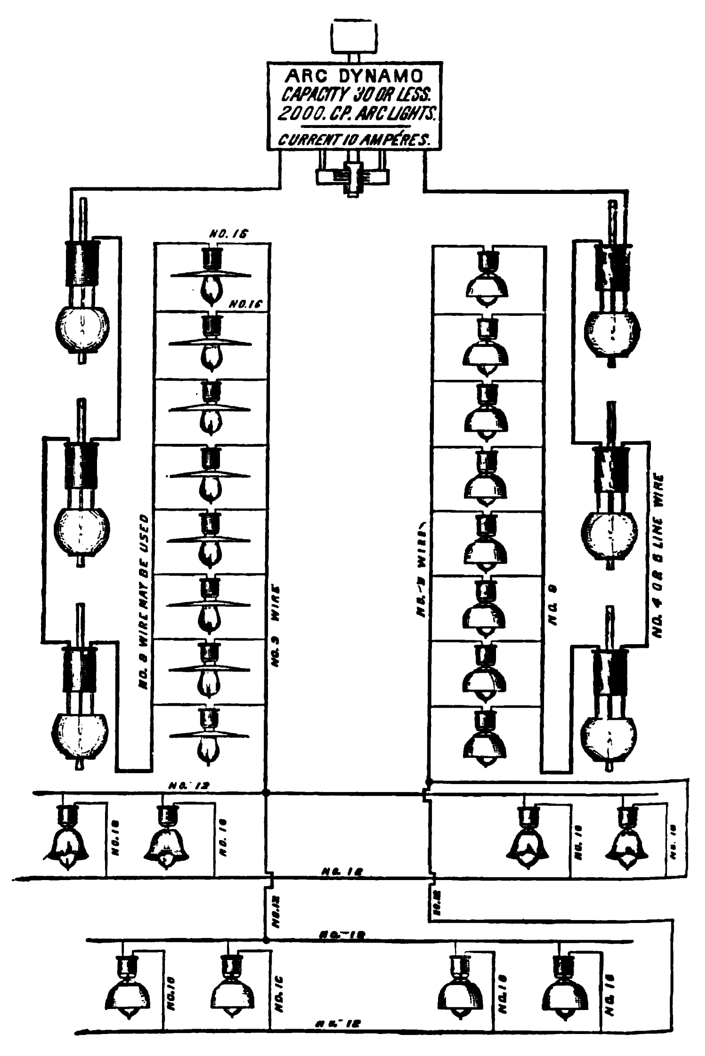


Fig. 650. — Montage Thomson-Houston.

ducteurs qui sillonnent les rues sont très nombreux et où les précautions destinées à garantir la vie des passants sont absolument insuffisantes. Nous avons cité plus haut (Voy. Accidents) un certain nombre de cas de mort récents.

On sait que la question des exécutions capitales par l'électricité a été récemment expérimentée en Amérique.

Mort par la foudre. — On sait q... sonnes frappées par la foudre ou m... qui se trouvent dans le voisinage d... frappé par la foudre (Voy. Choc en re... vent être tuées.

M. Poey a indiqué, pour ramener à ... personnes frappées par la foudre, ... extrêmement simple qui consiste à ...

atement sur tout le corps de ces personnes ›mbreux seaux d'eau froide.

RTIER ÉLECTRIQUE. — Petit appareil lequel on verse un peu de poudre ou une e d'éther : en faisant passer une décharge rique, la combustion de la poudre ou la risation de l'éther projette une bille d'ivoire erme le mortier.

)TEUR ÉLECTRIQUE. — Appareil transfor- : l'énergie électrique en travail mécanique. premiers moteurs étaient fondés sur l'at- ion produite par les électro-aimants; nous ons ceux de Page, de Froment, etc. Ces mo- n'ont pas donné de bons résultats et sont ›lètement abandonnés. Ceux qu'on emploie ellement sont fondés sur la réversibilité nachines d'induction. Toutes les machines ites plus haut sont réversibles et peuvent r de moteurs. On n'emploie cependant que ynamos à courant continu ou à courants essés. De plus, les conditions à remplir par machine ne sont pas les mêmes suivant lle fonctionne comme génératrice ou comme otrice : ainsi, dans le premier cas, elle doit tionner d'une manière continue, sans s'é- uffer outre mesure, et supporter sans incon- ent toutes les variations du courant ou celles a production extérieure. Le moteur, qui aille d'une façon intermittente, n'exige pas nêmes qualités, mais il doit en posséder tres, par exemple, dans certains cas, la lé- té. Aussi n'emploie-t-on que rarement au- d hui des génératrices et des réceptrices tiques, et seulement dans les installations . En général, le moteur a une forme spé- , combinée en vue de son application; nous is donc décrire plus loin les principaux s de moteurs, mais nous examinerons ord les conditions générales de leur em- .

ns de la rotation. — Lorsqu'une dynamo est ›loyée comme réceptrice, le sens de sa rota- change avec son mode d'excitation. Remar- ns d'abord que, dans une machine employée ime génératrice, l'action électro-dynamique s'exerce entre les inducteurs et l'armature ›pose au mouvement de celle-ci, d'après la de Lenz.

upposons maintenant que la même machine employée comme réceptrice, et reçoive un rant qui ait, dans l'anneau, le même sens celui qu'elle produisait comme génératrice. ette machine est excitée en série ou par une chine indépendante, le courant ayant gardé nême sens dans les deux pièces, la réaction électro-dynamiqne fait tourner l'anneau er contraire.

Si la machine est excitée en dérivatic courant a changé de sens dans les électr en est de même de l'action électro-dynam et l'anneau tourne dans le même sens. dans une machine compound, la rotation s dans un sens ou dans l'autre, suivant la pr tion relative des deux fils inducteurs.

Calage des balais. — Quand une dynamo tionne comme réceptrice, les balais doiven calés en retard (Voy. Balai).

Mise en marche. — Si on lance le couran rectement dans l'armature d'un moteur au r la force contre-électromotrice étant null l'armature présentant alors une résistance faible par rapport à l'électro, on risque de ler le fil; de plus l'appareil reste immobil est excité en série, et se met à tourner en inverse du mouvement normal, s'il est à do enroulement. On évite cet inconvénient à l' d'un *commutateur de mise en marche ou de dé rage*, qui introduit dans le circuit une résist qu'on diminue ensuite progressivement. I verse se produit lorsqu'on ouvre le circuit.

Renversement de marche. — Il est souvent cessaire, dans certaines applications, de p voir renverser la marche du moteur. Dans moteurs magnéto-électriques ou dans ceu excitation indépendante, il suffit de change sens du courant.

Mais il n'en est plus de même dans les chines auto-excitatrices; le courant change de sens à la fois dans l'inducteur et dans l duit, et le sens de la rotation ne serait changé. Il faut donc renverser le sens seulem dans l'une des deux parties.

Pour le renverser dans l'armature, il suffit déplacer les balais. Si ceux-ci occupaient l position théorique, il faudrait les tourner de 18 si α est l'angle de calage, il faut les tour seulement de $180° - 2\alpha$. Mais, si l'on adopte ce solution, les balais sont rencontrés à l'env par le collecteur dans une des deux positio et l'on est forcé d'employer des balais en to métallique.

Il est donc préférable d'avoir deux jeux balais, qui appuient alternativement sur le co lecteur, suivant le sens de la rotation. Cette di position a été adoptée par M. Reckenzaun s le bateau *Electricity*. Le levier de manœuv commandait les porte-balais par l'intermédiai de deux galets en ébonite.

Au lieu de renverser le courant dans l'arm ture, on peut le renverser dans les électro

mais il faut en même temps déplacer les balais d'un angle 2α. La machine peut être chargée d'assurer le calage automatiquement; il suffit alors d'ajouter, en un point quelconque du circuit, un commutateur pour les électros.

Rendement industriel et électrique. — Voy. RENDEMENT.

Choix du mode d'excitation. — Certaines applications exigent des moteurs fonctionnant avec une vitesse variable; ainsi, dans les chemins de fer, la vitesse doit augmenter progressivement au moment du démarrage, à mesure que l'effort diminue. Il convient alors d'employer un moteur excité en série, sous différence de potentiel constante. En effet, si la charge du moteur augmente, la vitesse diminue, et avec elle la force contre-électromotrice. Il en résulte une augmentation de l'intensité, puisque la différence de potentiel est constante; le champ magnétique augmente aussi, et par suite l'effort produit.

Au contraire, il résulte de là que l'excitation en série ne convient nullement pour les applications qui exigent une vitesse constante, treuils, machines-outils, etc. Il faut recourir à une machine montée en dérivation, ou plutôt à double enroulement. En effet, si la charge augmente, il faut augmenter aussi l'effort, ce qui peut se faire en augmentant soit le champ magnétique, soit l'intensité dans l'anneau. La première solution augmente aussi la force contre-électromotrice, et par suite diminue la vitesse. Il faut donc augmenter l'intensité en diminuant la force contre-électromotrice et par conséquent le champ. On peut produire cette variation du champ magnétique avec un régulateur automatique ou manœuvré à la main, qui modifie la résistance de l'électro, mais il est préférable d'employer un double enroulement, le fil monté en série ayant un effet contraire à celui de la dérivation et tendant à désaimanter l'électro.

Si la charge augmente, la vitesse tend à diminuer ainsi que la force contre-électromotrice; l'intensité augmente dans l'anneau et dans le fil en série. L'action de ce fil diminue le champ, ce qui ramène la vitesse à sa valeur première.

Moteur de la Société alsacienne. — Ce moteur (fig. 651), destiné à la petite industrie, se compose d'un anneau Gramme porté par un seul palier d'une longueur considérable, assurant une marche parfaite, même à des vitesses dépassant de beaucoup la vitesse normale. L'anneau tourne dans un champ magnétique intense, créé par une seule bobine inductrice, qui est placée en dérivation ou en tension avec l'anneau, suivant que le moteur est destiné à être alimenté par des circuits à potentiel constant ou à intensité constante.

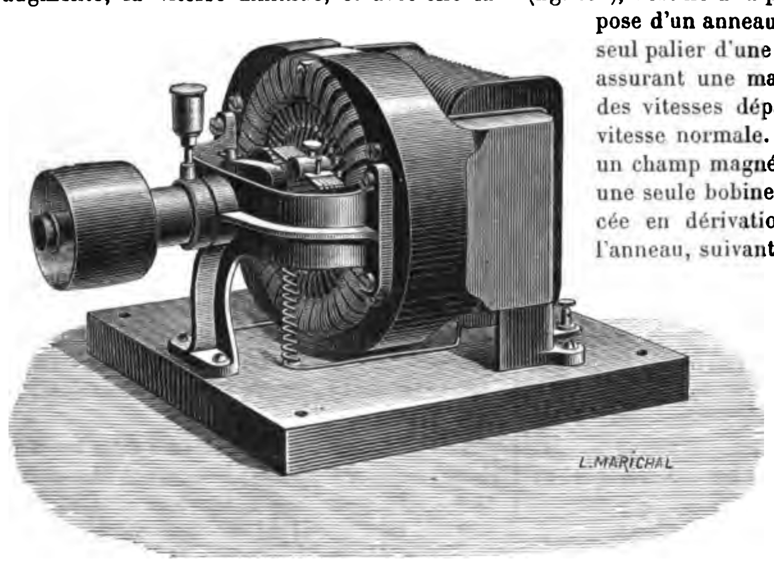


Fig. 651. — Moteur type (Société alsacienne de constructions mécaniques, Belfort).

Le collecteur est en bronze; les balais, en cuivre, sont portés par un porte-balais d'une construction fort pratique permettant un réglage et un entretien facile de ces parties. Nous indiquons plus loin l'application de cet appareil à un ventilateur.

Moteur Deprez. — Ce moteur est magnéto-électrique. La bobine est du genre Siemens. Les aimants inducteurs (fig. 652) sont placés à plat, afin d'utiliser la plus grande partie du magnétisme de l'aimant et non pas seulement celui des parties voisines des pôles. Deux balais en fil de laiton amènent le courant à la bobine. Ils peuvent être déplacés de manière à s'incliner plus ou moins et à écarter à volonté leurs points de contact de la fente horizontale du commutateur, ce qui permet de graduer la vitesse engendrée par un même courant. On peut même changer le sens de la rotation sans toucher aux rhéophores : il suffit d'incliner assez le support mobile qui porte les

is pour alterner leurs contacts avec les co-
.es du commutateur.
: moteur peut servir à des petits travaux de
e espèce : actionner une machine à coudre
.n outil quelconque, remonter les poids de
ains appareils télégraphiques, etc. Il porte
utre un régulateur qui rend sa vitesse assez
stante pour qu'on puisse même l'employer
ıs travaux de précision, par exemple à faire
ıvoir des machines à diviser ou des cylin-
; enregistreurs. Ce régulateur se compose
ı petit ressort en communication constante
: l'une des extrémités du fil de la bobine, et
se termine par une vis dont la pointe, par
son contact avec le commutateur, ferme
cuit. Ce ressort participe au mouvem
rotation de la bobine, et, dès que la
devient trop grande, il s'écarte de l'ax
l'influence de la force centrifuge, et le c
se trouve interrompu jusqu'à ce que la
ait repris sa vitesse normale.

La manivelle qu'on voit à gauche sert
tourner l'armature, lorsqu'on veut em
l'appareil comme machine magnéto-élec
Il faut alors serrer à fond la vis du régu
afin de le fixer. Les courants produits s
ternatifs : on peut les recueillir directem
les transformer en un courant continu s

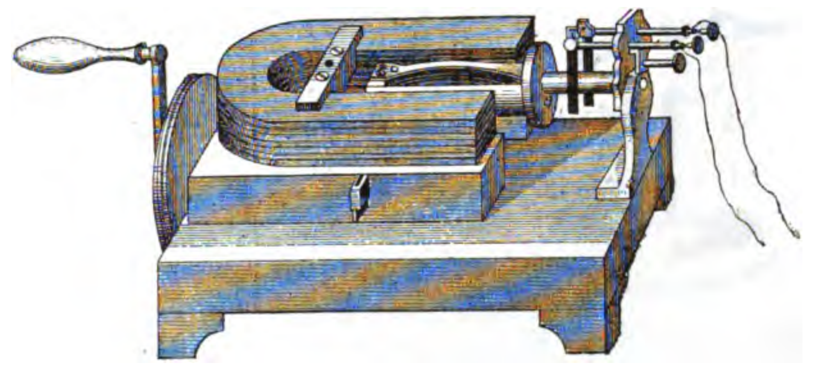


Fig. 652. — Moteur Deprez.

position des balais sur le commutateur. Le
it modèle, qui possède un aimant de 1,7 ki-
ramme et une bobine pesant 0,4 kilogramme,
nne une force électromotrice de 5 volts : il
ıt donc remplacer facilement deux éléments
nsen. Employé comme moteur, et actionné
r cinq éléments Bunsen grand modèle, il
ɔduit 1,1 kilogrammètre par seconde.

Moteur Trouvé. — Pour les expériences de
vigation électrique décrites plus haut,
Trouvé s'est servi d'un petit moteur, que
us avons représenté (Voy. BATEAU), et dont
rmature est un anneau Gramme; le noyau
t formé de rondelles de fer doux, taillées
ns une feuille de tôle de 2 millimètres
épaisseur et séparées par des feuilles de
pier. Sur ce noyau s'enroule un petit nombre
tours de fil. Les électro-aimants inducteurs
ıtourent concentriquement cet anneau, à une
stance aussi petite que possible, pour aug-
enter la puissance à poids égal. Pour d'au-
es applications, M. Trouvé construit un mo-
ur dont la bobine *f* (fig. 653) est du genre
emens; elle tourne entre deux pièces polaires *a*,
eusées en forme d'ellipsoïde, et animées par
un électro-aimant placé à la partie inféri
de l'appareil. La figure 653 montre le m(

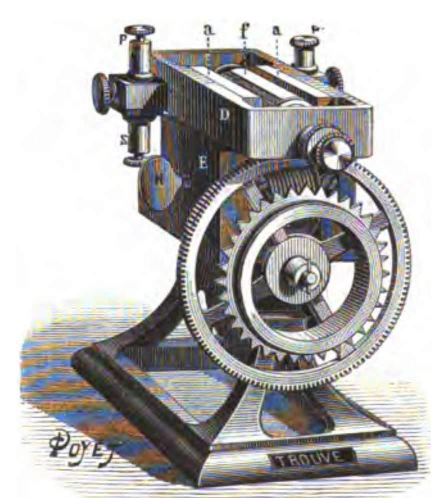


Fig. 653. — Moteur Trouvé.

disposé sur un pied en fonte indépendant qu
peut enlever à volonté. Le moteur a 25 cer
mètres de longueur sur 15 de largeur et 20

hauteur : il peut produire 3 kilogrammètres. Il peut servir à actionner une machine à coudre ou tout autre petit appareil du même genre. On l'emploie souvent pour mettre en marche les machines d'électricité statique destinées aux usages médicaux.

Moteur Siemens. — Ce moteur, très répandu en Allemagne, se compose d'un anneau Gramme tournant entre des pièces polaires animées par un électro placé latéralement. Il est surtout destiné à fournir des forces de 0,1 à 1 cheval. Le mode d'enroulement varie suivant les applications.

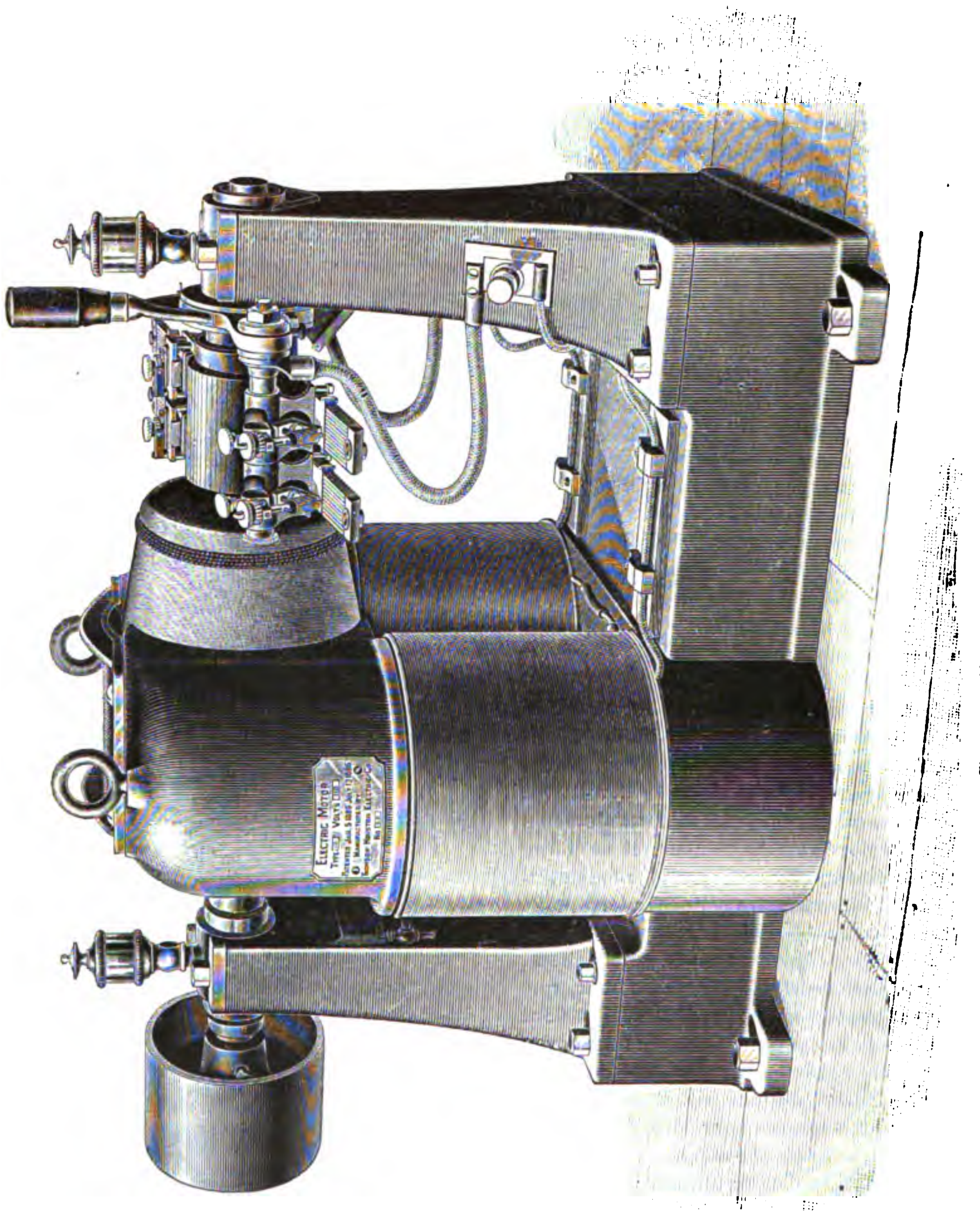


Fig. 654. — Moteur Thomson-Houston.

Moteur Thomson-Houston. — Dans le moteur Thomson-Houston (fig. 654), les pièces polaires de l'électro-aimant, dont les noyaux sont cy-indriques, enveloppent presque complètement

l'induit, dont le noyau a une section presque carrée; son enroulement est du système Siemens modifié, et l'électro est placé en dérivation. La disposition particulière du noyau de l'armature et la faible résistance de ses bobines diminuent beaucoup la perte due aux courants de Foucault et à la résistance intérieure. Il en résulte que l'échauffement de la machine est évité.

Ces moteurs sont destinés à fonctionner sur des circuits à différence de potentiel constante, le plus souvent de 110, 220, 400 et 600 volts. Les balais ne donnent pas d'étincelles et leur position reste invariable, quelles que soient les variations du travail. Les types construits actuellement sont compris entre un et quinze chevaux.

La disposition des organes est telle que toutes les parties sont faciles à inspecter et à entretenir. La poulie est disposée pour permettre l'entraînement de la courroie dans tous les sens.

M. E. Thomson fait construire aussi des mo-

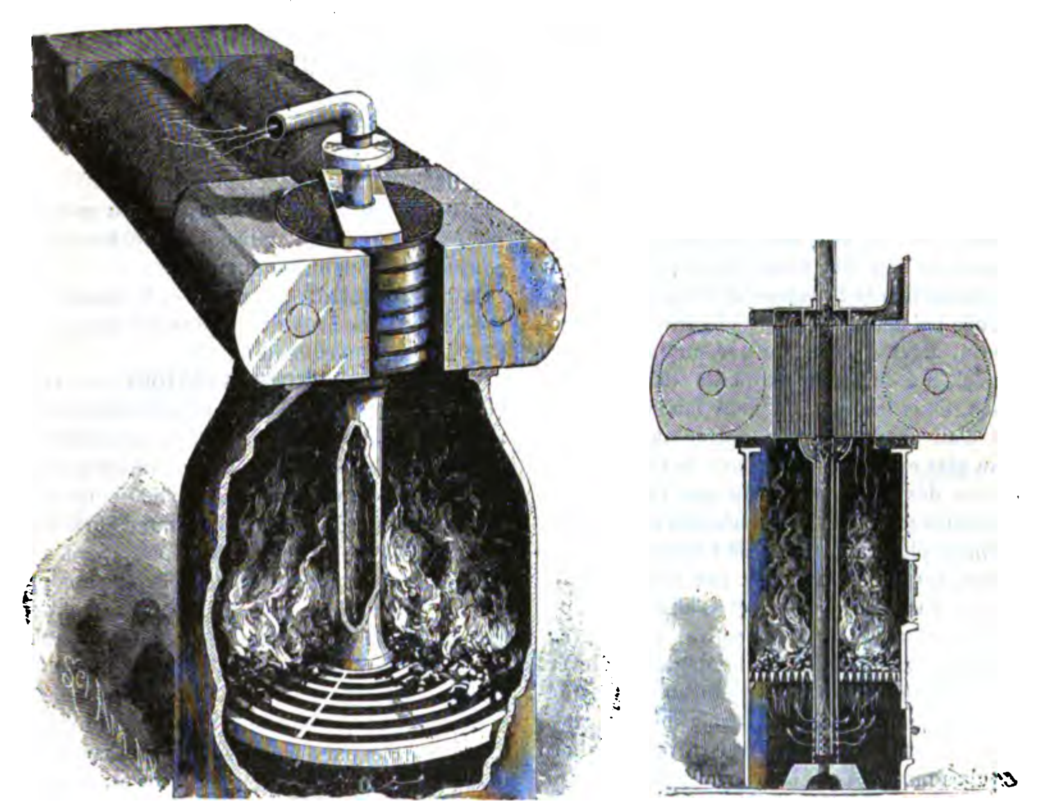


Fig. 655. — Coupe et vue d'ensemble du moteur pyromagnétique.

teurs à courants alternatifs. L'armature comprend six bobines radiales, enroulées sur des noyaux de fer doux et montées en série. Les extrémités du fil aboutissent à deux lames d'un commutateur à six touches reliées entre elles deux à deux. Une paire de balais, calés à 180° l'un de l'autre, est montée en dérivation sur le circuit de la génératrice. Les inducteurs présentent six pôles, disposés radialement en face des bobines induites. Ils sont enroulés en série et montés directement sur le circuit de la génératrice. Chaque fois qu'une bobine induite change de champ magnétique, le courant est inversé et l'action électro-magnétique garde le même signe : la rotation continue donc.

Moteur Sprague (de Chicago). — L'armature a un enroulement Siemens modifié; le noyau est formé de couches alternatives de disques de papier et de fer. Ce moteur, qui est toujours à double enroulement, possède une disposition spéciale pour la mise en marche : l'action de l'enroulement en série est d'abord renversée pour produire l'excitation du champ, puis il reprend son sens ordinaire, dès que la force contre-électromotrice commence à se développer.

Applications des moteurs. — Les petits moteurs,

comme ceux de M. Trouvé et de M. Deprez, servent, comme nous l'avons indiqué déjà, à faire mouvoir de petits appareils, machines à coudre, etc. Les modèles plus puissants que nous avons indiqués servent, ainsi que les machines dynamos de Gramme et de Siemens, aux applications de la transmission de l'énergie. Enfin MM. Dumont et Postel-Vinay ont combiné un petit moteur spécialement destiné à la manœuvre des signaux de chemins de fer.

MOTEUR GÉNÉRATEUR. — On donne ce nom en Angleterre à des transformateurs à courants continus, permettant d'utiliser des courants continus de haute tension pour des distributions à basse tension. Nous citerons ceux de M. Edison, de MM. Jehl et Rupp, de MM. Paris et Scott (Voy. TRANSFORMATEUR).

MOTEUR PYROMAGNÉTIQUE. — Moteur imaginé par M. Edison en 1887 et dans lequel une armature de fer doit son mouvement aux variations de son état magnétique produites par des changements brusques de température.

Entre les deux pôles d'un électro-aimant horizontal (fig. 655) peut tourner, autour d'un axe vertical, un faisceau de petits tubes de fer mince, dans lesquels on peut lancer un courant d'air chaud pour les porter au rouge. Un écran plat est disposé sur l'axe de rotation, au-dessous des tubes, de sorte que l'une de ses extrémités soit plus rapprochée de l'un des pôles et l'autre plus rapprochée de l'autre. A chaque instant, les tubes masqués par l'écran ne reçoivent pas d'air chaud et s'aimantent par influence, tandis que les autres ne peuvent s'aimanter à cause de leur température élevée. L'échauffement des tubes produit une dissymétrie du champ d'où résulte la rotation. L'air destiné à la combustion du foyer traverse d'abord les tubes masqués par l'écran, afin de les refroidir, et par suite possède déjà une température assez haute quand il arrive dans le foyer. Un moteur de ce système pesant environ 679 kg. développe environ trois chevaux. M. Edison a construit sur le même principe une machine dynamo (V. GÉNÉRATEUR PYROMAGNÉTIQUE).

MOTOGRAPHE OU MOTOPHONE. — Appareil imaginé par M. Edison et servant de relais télégraphique et de récepteur téléphonique.

MOU D'UN CABLE. — Longueur supplémentaire qu'on donne à un câble sous-marin pour qu'il puisse reposer librement sur le fond de la mer. Cette longueur varie généralement entre 5 et 10 p. 100 de la longueur nécessaire.

MOUSE-MILL. — Petite machine électrostatique servant à électriser l'encre dans le siphon recorder (Voy. ce mot) de Thomson.

MOUSTIQUAIRE ÉLECTRIQUE. — Disposition imaginée par M. Scherer pour se défaire des moustiques, si gênants dans les pays chauds. C'est une enceinte grillagée dont les barreaux communiquent alternativement avec les deux pôles d'une bobine d'induction. Au centre est une lampe à incandescence, dont la lumière attire les moustiques : quand ils veulent traverser le grillage, ils sont tués par la décharge électrique.

MOXA ÉLECTRIQUE. — Cautérisation produite par l'étincelle électrique.

MULTIPLE (TÉLÉGRAPHE). — Télégraphe permettant de transmettre plusieurs dépêches soit dans le même sens, soit en sens contraires, à l'aide d'un seul fil (Voy. TÉLEGRAPHE).

MULTIPLEX. — Syn. de multiple.

MULTIPLICATEUR. — Organe du galvanomètre (Voy. ce mot) qui augmente l'action du courant sur l'aiguille aimantée.

MULTIPOLAIRE (MACHINE). — Dynamo dont les inducteurs présentent plus de deux pôles (Voy. MACHINE D'INDUCTION).

MUSCLE ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE. — Appareil imaginé par M. Trouvé pour mettre en évidence le mode de la contraction musculaire. Il est formé d'une série d'électro-aimants, s'attirant mutuellement par leurs pôles contraires, et réunis par des parallélogrammes articulés, de manière à totaliser les efforts. Sans rien préjuger de la forme du muscle et sans prétendre en rappeler tous les effets, ce petit appareil en explique cependant toutes les propriétés et montre que la puissance d'un muscle est la résultante de toutes les actions moléculaires. Il explique très bien la contraction totale d'un muscle par l'électrisation localisée, sans avoir recours à des actions réflexes ou à la propagation de l'ébranlement moléculaire.

MYOGRAPHE. — Appareil imaginé par

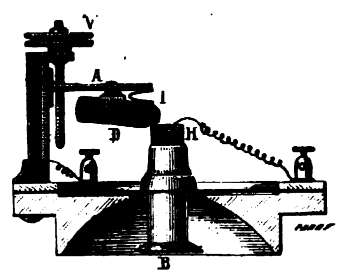


Fig. 656. — Myophone.

M. Marey pour enregistrer les mouvements musculaires, et dont le style, pour atténuer le

ment, ne touche le papier que par inter-·nces ; pour cela le style est commandé par ectro-aimant.

ʼOPHONE. — Microphone employé par ɔudet de Paris pour l'étude des bruits des ·les. On applique l'embouchure de l'appa-ʼ(fig. 656) sur le muscle, de sorte que celui-it en contact avec le bouton explorateur B. ›uton traverse une membrane de parchemin bien tendue et porte à son extrémité le charbon inférieur H du microphone. Le second charbon D est suspendu par son milieu, et un morceau de papier I, formant ressort, l'appuie contre le charbon H. Enfin la vis V permet d'abaisser ce dernier et de régler la sensibilité de l'appareil. L'état normal des muscles est caractérisé par un bruit rotatoire dont la hauteur et l'intensité augmentent par la contraction volontaire.

N

AVIGATION ÉLECTRIQUE. — Navigation s laquelle on fait usage d'un moteur électri-. Dès 1838, Jacobi essaya de faire marcher la Néva un bateau mû par l'électricité; e tentative n'eut aucun succès. Les résultats ɜnus depuis quelques années s'appliquent sur-: aux bateaux de plaisance et aux petites em-ɔations de guerre (Voy. BATEAU et TORPILLEUR).

ʼÉGATIF. — Qui est chargé d'électricité né-ıve (Voy. ÉLECTRICITÉ).

ʼôle négatif. — Pôle qui a le potentiel le plus ›le.

ſÉGATIF (ÉLECTRO-). — Se dit des corps qui, ıs l'électrolyse, vont en sens contraire du ırant, parce qu'on les suppose élec-ıés négativement.

ſEUTRE. — Se dit des corps qui ne ıt pas électrisés.

Ligne neutre. — Ligne qui, dans un ·ps chargé d'électricité ou de magné-me, sépare les parties positives des gatives.

NICKELAGE. — Opération qui con-ıte à recouvrir, par voie électrolyti-ıe, un objet métallique d'une couche ; nickel, soit pour empêcher l'oxyda-ɔn, soit pour préserver les métaux ous de l'usure mécanique. Imaginé ır Bottger en 1846, le nickelage a été ·ndu pratique par J. Adams, Jacobi, emington et Gaiffe.

Les bains de nickel se font avec de ɜau distillée ou au moins de l'eau de luie; ils ne doivent pas être trop froids; ils oivent avoir au début une réaction légèrement cide, et être maintenus soigneusement neutres endant l'opération; sinon le dépôt devient gris t cassant.

Les deux formules suivantes sont choisies parmi les plus usitées.

Bain Gaiffe.

Eau distillée.................	10	parties.
Sulfate double de nickel et d'ammoniaque............	1	—

On dissout le sel dans l'eau chaude et l'on filtre après refroidissement.

Bain Roseleur.

Eau distillée.................	100	parties.
Sulfate double de nickel et d'ammoniaque............	4	—
Carbonate d'ammoniaque....	3	—

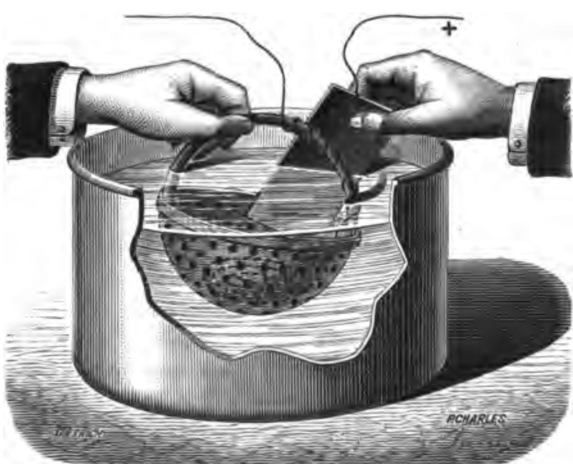


Fig. 657. — Nickelage des petits objets.

On dissout séparément les deux sels dans l'eau chaude et l'on verse le carbonate dans le sulfate double, en ayant soin de ne pas dépasser la neutralisation, puis on ajoute le reste de l'eau.

[illegible] dans le bain, les objets [illegible] au polissage d'autant plus soigné [illegible] obtenir un plus beau dépôt, puis [illegible] étapes (Voy. Électrochimie). Le [illegible] est supprimé pour les objets gros-[illegible] trois opérations, les procédés [illegible] la nature du métal. Le zinc doit [illegible] recouvert d'une forte couche de [illegible] sinon il se dissoudrait dans le bain.

[illegible] bains tendent à s'appauvrir au voisinage [illegible] objets immergés; on évite cet appauvrisse-[illegible] en remuant fréquemment les objets.

Pour nickeler de très petits objets, on peut les placer dans une passoire en grès (fig. 657) au fond de laquelle on dispose en spirale un fil mince de laiton en communication avec le pôle négatif. La passoire est tenue à la main et agitée pendant toute l'immersion. L'anode, tenue de la main gauche, est plongée au milieu de la passoire, sans toucher les objets. On fait alors usage d'un bain chaud. Dans le nickelage, on peut se servir soit d'une anode soluble, soit d'une anode insoluble en platine ou en charbon; mais l'opération doit toujours être conduite avec beaucoup de précaution (Voy. Bouant, *la Galvanoplastie*).

NICKELINE. — Alliage de nickel qui remplace souvent le maillechort dans les boîtes de résistances, sa résistance spécifique variant encore moins avec la température.

NIELLURE ÉLECTRIQUE. — La niellure est l'art d'incruster des sulfures métalliques dans des traits gravés en creux sur métal. Cette opération peut se faire facilement par les procédés électrochimiques.

On opère d'abord comme pour une damasquinure (Voy, ce mot), mais on laisse un peu plus longtemps dans le bain d'acide sulfurique, de manière à avoir des traits un peu plus creux. On applique alors le sulfure à la spatule, et l'on chauffe assez fortement pour fondre ce dépôt. On laisse refroidir et on polit jusqu'à ce que la gravure soit seule couverte de sulfure.

NIGRITE. — Mélange isolant formé de caoutchouc et de cire noire (produit de la distillation partielle de l'ozokérite).

NIVEAU ÉLECTRIQUE. — Syn. de potentiel électrique.

Lignes de niveau. — Syn. de lignes équipotentielles (Voy. Équipotentiel).

NIVEAU D'EAU ÉLECTRIQUE. — Appareil servant à avertir lorsque le niveau de l'eau d'une chaudière s'abaisse assez pour qu'il soit nécessaire d'en ajouter. Les deux pôles d'une pile sont reliés l'un à une tige métallique verticale dont l'extrémité inférieure indique la limite au-dessous de laquelle l'eau ne doit pas descendre, l'autre à une bague isolée placée au bas de cette tige. Une sonnerie à grande résistance est placée en dérivation. Quand il y a assez d'eau, le liquide ferme le circuit, et la sonnerie ne reçoit qu'une dérivation insuffisante pour la faire marcher; quand le niveau tombe au-dessous de la limite fixée, la sonnerie reçoit tout le courant et se met à tinter.

NOYAU. — Cylindre, lame ou fils de fer doux placés dans une bobine ou dans les inducteurs d'une machine d'induction, d'un transformateur, etc.

O

OBTURATEUR ÉLECTRIQUE. — Plusieurs inventeurs ont construit pour les chambres noires photographiques des obturateurs mus par l'électricité. Celui de M. Mauduit est formé d'une guillotine, retenue par une tige de cuivre horizontale qui pénètre dans une dent pratiquée sur le bord de la lame d'acier. Cette tige est fixée à un disque de fer doux, qui est attiré par un électro-aimant, lorsqu'on y lance le courant d'une petite pile. Quand le disque est attiré, la tige abandonne la guillotine, qui tombe immédiatement.

M. Démarest s'est servi aussi d'un obturateur électrique dans une ascension aérostatique faite à Rouen en 1880.

ODEUR ÉLECTRIQUE. — Odeur qui accompagne les décharges électriques, et qui est due à la formation d'ozone et d'acide azotique.

ŒUF ÉLECTRIQUE. — Appareil servant à produire des décharges électriques dans les gaz de nature différente et sous diverses pressions. C'est un vase de verre, de forme ovoïde, dans lequel pénètrent deux tiges de cuivre, dont l'une est fixe, tandis que l'autre peut être

enfoncée plus ou moins profondément, pour faire varier l'écartement. Ces deux tiges étant mises en communication avec les deux pôles d'une bobine d'induction ou d'une machine



Fig. 658. — Œuf électrique (Daloz, Gillet et A. Guyet-Sionnest).

électrostatique, la décharge se produit (fig. 658).

Œuf de De La Rive. — Appareil montrant la rotation d'un courant autour d'un aimant, sous forme de gerbe lumineuse. C'est un vase de



Fig. 659. — Œuf de De La Rive.

verre ovoïde (fig. 659) dans lequel on fait le vide, comme dans un tube de Geissler. Il renferme une tige de fer doux A, qui s'aimante par influence, lorsqu'on la place sur un électro-aimant E, et deux électrodes *aa'*, dont la première se termine par un cercle qui entoure la tige A. Ces deux électrodes étant reliées aux deux bornes d'une machine d'induction, on voit se produire entre *a* et *a'* une lueur qui tourne autour de A. Le sens de la rotation change quand on intervertit le courant dans l'œuf ou dans l'électro-aimant.

ŒUF-SOUPAPE. — Appareil imaginé par Gaugain et muni de soupapes analogues à celles des tubes de Holtz.

OHM. — Unité pratique de résistance électrique qui vaut 10^9 unités C. G. S. de résistance. Les meilleures méthodes employées pour déterminer la valeur de l'ohm ont montré qu'elle est égale à la résistance d'une colonne de mercure de 1 millimètre carré de section, et dont la longueur est comprise entre 106,2 et 106,3 cm. La commission internationale a adopté 106 cm., et a donné à l'unité ainsi définie le nom d'*ohm légal*. C'est l'unité ordinairement adoptée dans les boîtes de résistances.

Étalons de l'ohm légal. — Pour la mesure des résistances, on construit des résistances ayant exactement la valeur de l'ohm légal. Ces résistances sont quelquefois la copie exacte des prototypes : deux petites fioles de verre contenant du mercure sont réunies par un tube de verre



Fig. 660. — Étalon secondaire de l'ohm légal.

rempli du même liquide. On règle la longueur et le diamètre du tube pour avoir exactement la résistance voulue. Cette disposition encombrante est souvent remplacée par celle de la figure 660, dans laquelle le tube est recourbé. Le vase de verre peut être rempli d'eau à la température pour laquelle la résistance est con-

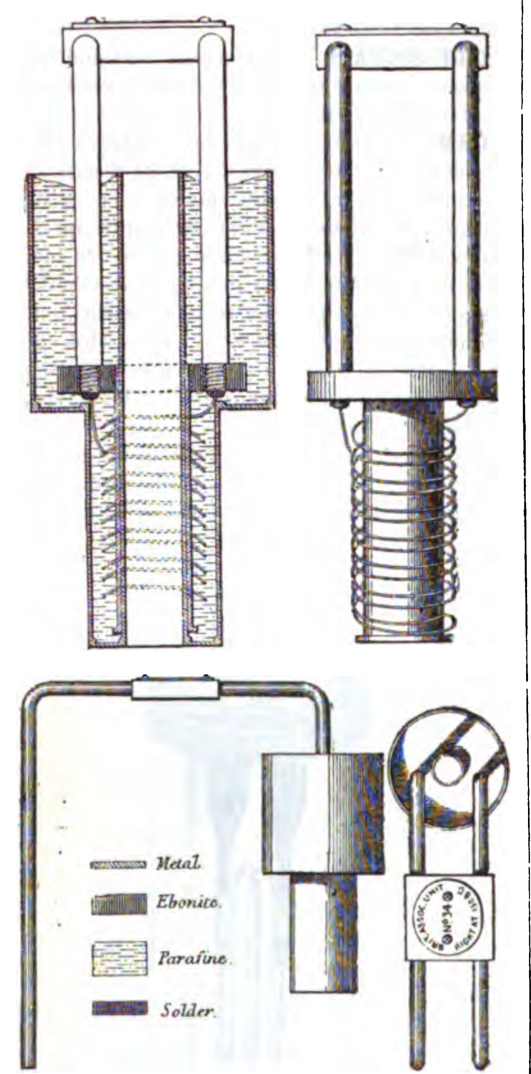


Fig. 661. — Étalon de l'ohm légal.

nue avec exactitude. Cette forme est désignée sous le nom d'étalon secondaire.

Enfin on emploie souvent des bobines formées, comme toutes les bobines de résistance, d'un fil de maillechort ou d'un alliage d'argent et de platine, enroulé en double pour éviter les effets d'induction (fig. 661). Les extrémités de ce fil sont soudées à deux tiges de cuivre recourbées, de résistance négligeable... faire plonger dans du mercure pour... communications. Cette bobine est... une enveloppe de cuivre mince, par... raffine, ce qui permet de plonger... l'eau pour porter le fil à la temp... laquelle sa résistance est exactem...

La compagnie Edison-Swan constr... lons analogues, mais la bobine a la... anneau plat; le fil est en alliage ar... Ces bobines sont étalonnées par c... avec des étalons qui ont été eux-mê... rés avec l'étalon original de l'As... tannique au laboratoire Cavendish... bridge.

OHMMÈTRE. — Appareil im... MM. Ayrton et Perry, et servant à ... résistances à l'aide du rapport $\frac{E}{I}$ = ... met de mesurer la résistance d'un... tandis qu'il est traversé par un cour... pareil est formé d'une aiguille aim... mise à l'action de deux bobines pla... droit. L'une des bobines, à gros fil... circuit principal; l'autre, à fil fin, ... dérivation entre les extrémités de la... à mesurer. Si les bobines et l'aiguil... proportionnées, les déviations sont p... nelles aux résistances.

OKONITE. — Isolant employé ... et formé de 38 parties de caoutchouc... drocarbures naturels, d'oxydes et ...

OMBRE ÉLECTRIQUE. — ... observé par M. Holtz en 1881. L'u... trodes de la machine de Holtz étan... en pointe, et l'autre munie d'une ... concave, garnie à l'intérieur d'un ... soie maintenu par l'attraction élec... voit apparaître un point brillant ... de la pointe et un cercle lumineux su... concave. Si l'on interpose alors un ... ducteur ou demi-conducteur, isol... niquant avec le sol, on observe un... l'électrode concave. Les corps isolan... nent pas d'ombre s'ils sont petits... sont un peu grands, ils peuvent p... ombre, mais elle s'efface peu à peu.

ONDULATEUR. — Appareil i... M. Lauritzen, pour remplacer le siph... dans la télégraphie sous-marine. L... principale du récepteur est un aiman... de X qui oscille entre les 8 pôles de... aimants et entraîne avec lui un petit... d'encre.

ONDULEUR. — M. Solignac a ...

nom à un appareil destiné à faciliter l'emploi des transformateurs avec des courants continus, ce qui permet d'avoir à la fois les avantages des deux systèmes et d'éviter les inconvénients des distributions par courants alternatifs.

L'usine centrale envoyant dans la ligne un courant continu à haute tension, on coupe cette ligne à chaque station et l'on intercale deux transformateurs ordinaires. En dérivation de chaque transformateur, on met un onduleur, et dans la branche du transformateur un inverseur de courant.

Chaque onduleur intercale successivement en dérivation de son transformateur une série de résistances qui vont du court circuit à l'ouverture complète, puis il les enlève peu à peu, de sorte que l'intensité augmente d'abord dans celui-ci de zéro à un certain maximum, puis redescend à zéro. A ce moment, les pôles du transformateur se trouvent intervertis, ce qui peut se faire sans étincelles, et le sens du courant secondaire est changé pendant l'ondulation suivante.

L'onduleur est toujours double, de sorte que, l'un des transformateurs se trouvant en court circuit, l'autre soit sans dérivation, afin d'équilibrer le travail sur la machine.

Cet appareil permet d'obtenir facilement une distribution à haute tension et à courant continu. Il donne encore le moyen de brancher sur des courants continus des appareils qui sont essentiellement à courants alternatifs, comme la bougie Jablochkoff.

OPHTALMOSCOPE ÉLECTRIQUE. — L'ophtalmoscope sert à éclairer le fond de l'œil pour faciliter l'examen de la rétine. Le modèle ordinaire est formé d'un petit miroir concave, qui renvoie dans l'œil observé la lumière d'une lampe, et qui est percé d'un petit trou, à travers lequel on observe. M. Giraud-Teulon a imaginé un ophtalmoscope binoculaire, dans lequel le faisceau lumineux, provenant de la rétine observée, est divisé par des prismes à réflexion totale et pénètre dans les deux yeux de l'observateur, pour produire le relief stéréoscopique.

Dans cet appareil, l'éclairage est obtenu par une lampe Edison, alimentée par 3 éléments Trouvé, et placée entre les prismes à réflexion totale, par conséquent devant l'observateur et en face du sujet.

OPPOSITION (Méthode d'). — Voy. Méthode.

OPPOSITION (Montage en). — Syn. de montage en batterie. (Voy. Montage.)

OPTO-GALVANIQUE (Réaction). — Sensations lumineuses qui se produisent à chaque interruption lorsqu'on électrise la tête avec un courant d'intensité moyenne en plaçant l'une des électrodes près de l'œil. L'intensité de cette réaction permet de mesurer l'état d'atrophie du nerf optique.

ORAGE. — Voy. Électricité atmosphérique, Foudre, Magnétisme terrestre.

ORAGE MAGNÉTIQUE. — On désigne ainsi les variations brusques et accidentelles des éléments magnétiques. Ces orages coïncident souvent avec l'apparition des aurores boréales.

ORGUE ÉLECTRIQUE. — Orgue dans lequel, en appuyant sur chaque touche, on ferme un circuit comprenant un petit électro-aimant qui commande l'ouverture du tuyau correspondant. Deux ou trois éléments de pile suffisent à cet usage.

L'application de l'électricité aux orgues simplifie beaucoup le mécanisme et permet de placer le clavier à une distance quelconque des tuyaux.

ORTHORHÉONOME. — Appareil imaginé par M. Fleischl pour étudier l'action de l'électricité sur les nerfs.

OSCILLATIONS ÉLECTRIQUES. — Les courants induits sont généralement accompagnés d'oscillations rapides du potentiel. Ainsi, si l'on met l'une des extrémités du fil induit en communication avec la terre, et si l'on interrompt le circuit inducteur, l'autre extrémité du fil induit subit des inversions rapides de potentiel.

Méthode des oscillations. — Voy. Méthode.

OSCILLATION NÉGATIVE. — Phénomène découvert par Du Bois-Reymond, et qui consiste en ce que le courant naturel d'un nerf ou d'un muscle est plus faible dans la période d'activité fonctionnelle qu'au repos. L'oscillation négative se produit encore, mais moins fortement, lorsque l'excitation du nerf est mécanique, chimique ou thermique. Ce phénomène n'est sans doute pas continu et résulte de modifications périodiques très rapprochées dans la tension du courant primitif.

OSCILLOGRAPHE. — Appareil servant à étudier l'action du roulis sur un navire et à déterminer ses conditions de stabilité.

OSMOSE ÉLECTRIQUE. — Passage d'un liquide à travers une cloison poreuse sous l'action d'un courant. M. Porret, puis M. Gore, ont constaté que ce transport se fait généralement dans le sens du courant. Il y a exception pour la solution alcoolique saturée de bromure de baryum, qui se déplace en sens inverse.

OZOKÉRITE. — L'ozokérite, ou cire fossile de Moldavie, est une substance bitumineuse qu'on a trouvée près de la houille, en Moldavie. Elle est d'un jaune brunâtre, avec reflet verdâtre, translucide en lames minces, d'une odeur assez forte, analogue à celle du pétrole. Elle paraît formée de plusieurs principes pyrogénés distincts, et se présente en masses irrégulières, formées de couches fibreuses et contournées. Les propriétés isolantes de l'ozokérite la font employer quelquefois à la place de la gutta-percha dans les appareils électriques. Elle sert surtout à préparer la cire minérale et la paraffine.

P

PACHYTROPE. — Commutateur inverseur imaginé par M. Stœhrer.

PACINOTTI (ANNEAU DE). — Induit dont l'enroulement est analogue à celui de l'anneau Gramme.

PALETTE. — On donne quelquefois ce nom à l'armature d'un électro-aimant, surtout lorsqu'elle est plate et rectangulaire.

PANTÉLÉGRAPHE. — Télégraphe reproduisant l'écriture ou les dessins. (Voy. TÉLÉGRAPHE.)

PANTÉLÉPHONE. — Sorte de microphone imaginé par M. de Locht-Labye, et formé d'une pastille de charbon et d'une lame métallique.

PANTINS ÉLECTRIQUES. — Voy. DANSE.

PAPIER ÉLECTRIQUE. — Le papier bien sec s'électrise facilement par frottement et peut servir à montrer les attractions et les répulsions électriques. On peut même en tirer des étincelles : il suffit de frotter vigoureusement la feuille, de la soulever par un coin et d'en approcher le doigt (fig. 662). Le papier écolier, le papier à lettres peuvent servir à cet usage. On obtient de très bons résultats avec du papier trempé dans un mélange à volumes égaux d'acide nitrique et d'acide sulfurique, puis lavé à grande eau et séché.



Fig. 662. — Étincelle obtenue à l'aide d'un papier électrisé.

PAPIER BANDE TÉLÉGRAPHIQUE. — Le papier bande employé dans les appareils Morse, Hughes, Baudot, est bleu pâle, uni, exempt de grain, bien collé, et large de 10 millimètres. Il est en rouleaux de 160 mètres, pesant 80 grammes chacun. Le papier bande huilé, employé dans l'appareil Wheatstone, est blanc, large de 12 millimètres ; il est livré en rouleaux de 300 mètres pesant environ 400 grammes.

PARACHUTE ÉLECTRIQUE. — Disposition électique appliquée par M. Rive en 1881 aux parachutes des bennes de mines. Le déclenchement est maintenu par un courant continu, qui se trouve interrompu lorsque le câble de suspension vient à casser, et le parachute s'ouvre immédiatement.

PARADOXE MAGNÉTIQUE. — Si un pôle d'aimant supporte une armature et qu'on mette en contact avec lui un pôle de nom contraire et de même intensité, l'armature se détache, parce que les lignes de force vont directement d'un pôle à l'autre.

PARAFFINE. — Mélange de divers carbures forméniques très condensés, qui constitue le résidu de la distillation incomplète du pétrole. On en extrait encore du bitume, des goudrons, de l'ozokérite (cire minérale). Ses propriétés varient un peu avec son origine.

Purifiée, la paraffine est solide, blanche, inodore, insipide, un peu grasse au toucher. Elle est employée en télégraphie pour isoler les conducteurs aux points de jonction. On emploie aussi des fils entourés de coton paraffiné. Le papier paraffiné est employé dans les condensateurs et les paratonnerres à plaques.

PARAFOUDRE. — Syn. de PARATONNERRE.

PARALLÈLE MAGNÉTIQUE. — Lieu des points où le champ terrestre a même grandeur et même direction.

PARAMAGNÉTIQUE. — Syn. de MAGNÉTIQUE.

PARATONNERRE. — Appareil servant à protéger un édifice ou un appareil électrique contre les effets de la foudre.

Paratonnerres pour les édifices. — On doit à Franklin l'idée d'élever sur les édifices de hautes tiges métalliques, en parfaite communication avec le sol, pour les protéger contre la foudre. Si un nuage électrisé passe au-dessus de l'édifice, la pointe laisse écouler de l'électricité contraire, qui pourra, si l'air est calme, aller neutraliser le nuage ; sinon cette électricité pourra au moins se répandre dans l'air au-dessus de l'édifice et neutraliser l'action des nuages. Si la foudre vient à tomber, elle frappe la tige de préférence aux parties voisines de l'édifice, et s'écoule dans le sol par le conducteur, sans causer aucun dommage. Mais il faut pour cela que le paratonnerre soit en parfaite communication avec le sol; sinon il devient plus dangereux qu'utile.

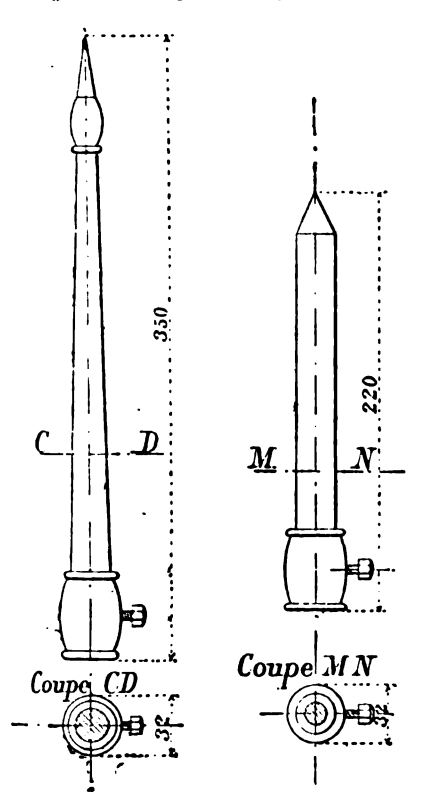


Fig. 663. — Pointes de paratonnerres.

Les paratonnerres sont formés le plus souvent d'une tige en fer ayant 3 à 5 mètres de longueur, et 2 centimètres de diamètre. La pointe du paratonnerre doit être bien conductrice, afin qu'elle ne soit pas fondue par l'action de la décharge : aussi la forme-t-on généralement d'un cône de cuivre de 30 degrés environ d'ouverture, que l'on fixe solidement à la partie supérieure de la tige de fer.

La figure 663 représente deux formes très employées; l'une est un tronc de cône terminé par une olive, puis par une pointe très aiguë; l'autre est un cylindre terminé par un cône assez évasé pour éviter la fusion de la pointe.

M. Buchin a fait breveter en 1877 des pointes de paratonnerres à section angulaire (fig. 664), qui se terminent au sommet par une pyramide; cette disposition facilite l'écoulement de l'électricité. Dans l'autre modèle figuré, les arêtes

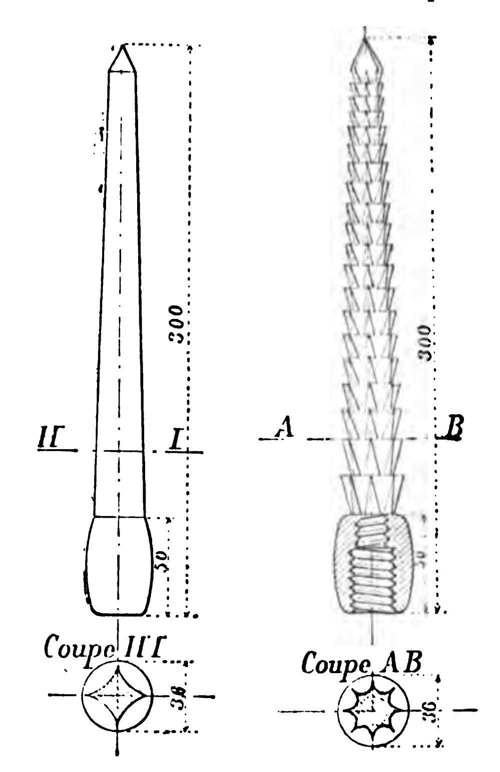


Fig. 664. — Pointes de paratonnerres, système Buchin.

sont divisées en un grand nombre de pointes ou de pyramides, qui augmentent encore l'ac-

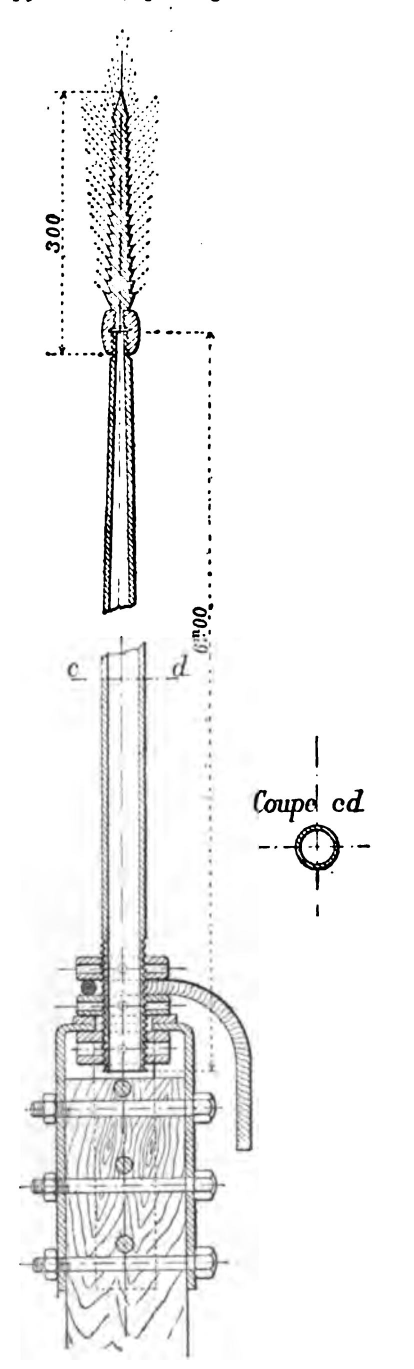


Fig. 665. — Montage des paratonnerres Buchin.

tion préventive. Ce système a été adopté à l'Observatoire du Pic du Midi.

La communication avec le sol est établie par un câble en fil de fer ou plutôt une série de barres de fer, et, pour éviter toute solution de continuité, l'on recouvre soigneusement tous les joints de soudure. Des barres en fer de 15 à 20 millimètres d'épaisseur conviennent parfaitement. Toutes les masses métalliques importantes placées à l'extérieur ou à l'intérieur de l'édifice, toitures, chêneaux, gouttières, charpentes en fer, conduites d'eau et de gaz, doivent être rattachées soigneusement au conducteur pour éviter qu'il jaillisse des étincelles entre ces pièces et le conducteur lors des chutes de foudre.

M. Buchin a rendu le montage des paratonnerres extrêmement facile. La tige conique est en fer creux. Elle porte à sa partie supérieure la pointe décrite plus haut, et sa base est filetée sur une certaine longueur et reçoit trois écrous (fig. 665). Deux brides forgées à la demande du poinçon, disposées en croix sur ce dernier et fixées par des boulons, sont percées d'un trou laissant passer la tige ; ces brides sont fortement serrées entre deux des écrous de la tige pour la maintenir. Le troisième est destiné au serrage du conducteur. La partie inférieure du conducteur, ou *perd-fluide*, doit présenter une bonne surface de contact; c'est généralement une plaque métallique d'environ 1 mètre carré, ou une tige munie d'un certain nombre de pointes, comme on le voit figure 666. Le premier modèle est le perd-fluide Callaud, en fer forgé, qui est adopté par le génie militaire; le second est celui du Pic du Midi ; il est en fonte.

Le perd-fluide doit être constamment en bonne communication avec le sol, au moyen d'une nappe d'eau qui ne tarisse jamais, ou bien, à défaut de ce procédé, en remplissant de charbon de bois ou de braise un trou creusé dans un sol humide. Il n'est pas inutile de remarquer qu'une citerne, même si elle ne tarit jamais, constitue, à cause de ses parois imperméables, un conducteur insuffisant : il faut que le paratonnerre soit en contact avec le sol entier.

Il est utile de vérifier de temps en temps le bon état des communications.

Zone de protection. — Il est de la plus grande importance de savoir quelle est exactement la surface protégée par un paratonnerre. On a admis pendant longtemps qu'elle était limitée par un cercle ayant pour centre le pied du paratonnerre et un rayon double de la hauteur. On tend à penser aujourd'hui que cette limite est trop forte. La Commission chargée d'étudier l'établissement des paratonnerres des édifices

municipaux de Paris a admis que, dans une construction ordinaire, le paratonnerre protège efficacement le volume d'un cône vertical de révolution ayant la pointe pour sommet, et la hauteur de la tige, mesurée à partir du faîtage et multipliée par 1,75 pour rayon du cercle de base. Au Congrès des électriciens tenu à Paris en 1881, M. W. H. Preece, ingénieur électricien du Post-Office de Londres, a déclaré que, d'après les documents qui lui étaient parvenus, un paratonnerre paraît protéger absolument un espace solide limité par une surface de révolution dont la demi-courbe méridienne est constituée par un quart de cercle, de rayon égal à la

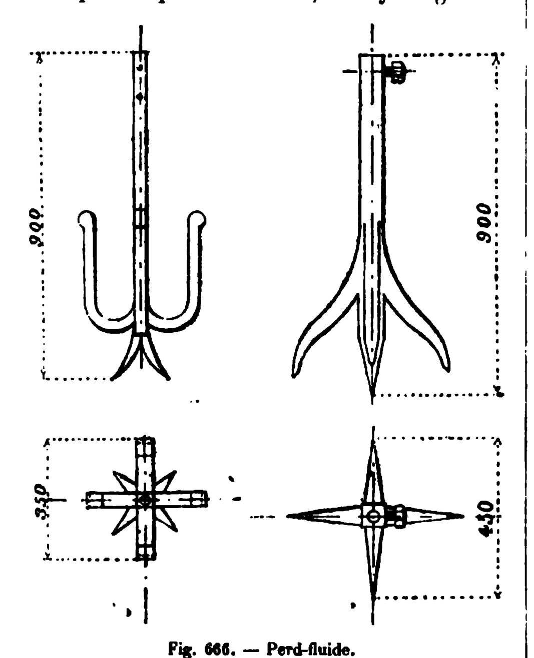
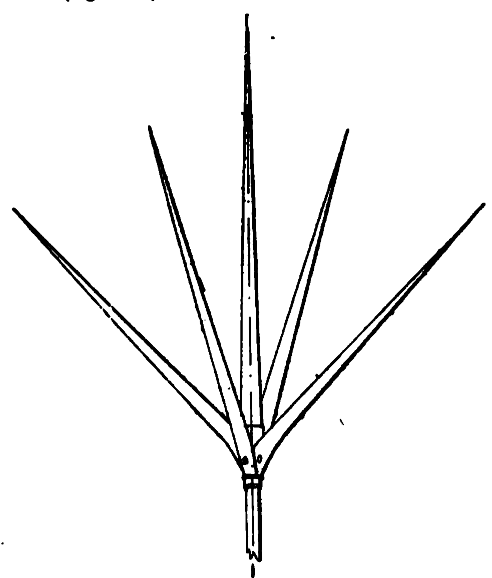


Fig. 666. — Perd-fluide.

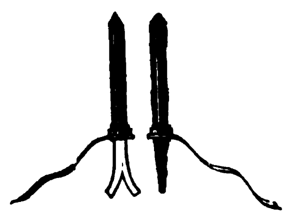
hauteur du paratonnerre et tangent à celui-ci à son extrémité supérieure et aussi à l'horizontale passant par sa base. Cette dernière limite est la plus petite et par conséquent celle qu'il est le plus prudent d'accepter.

Vérification des paratonnerres. — Les paratonnerres pouvant devenir fort dangereux lorsqu'il se produit une solution de continuité dans le circuit métallique, il est indispensable de vérifier de temps en temps le bon état des communications. Pour cela, on mesure la résistance de l'appareil par les méthodes ordinaires. On peut encore attacher à la pointe du paratonnerre un fil relié avec une sonnerie et une pile dont l'autre extrémité est en parfaite communication avec la terre. Si la sonnerie tinte, le circuit est en bon état.

Paratonnerre Melsens. — Un autre système a été appliqué par Melsens à l'Hôtel de Ville de Bruxelles et adopté depuis par divers constructeurs (fig. 667).


Fig. 667. — Paratonnerre Melsens.

Ce procédé consiste à disposer sur toutes les parties saillantes de l'édifice des pointes ou des bouquets de pointes courtes, et à les relier au sol par une série de conducteurs enveloppant la maison d'une sorte de réseau métallique à très larges mailles, qui suffit cependant pour constituer un écran électrique et soustraire l'édifice qu'il enveloppe à toutes les manifestations électriques extérieures.


Fig. 668. — Paratonnerre Grenet.

La figure 668 montre les paratonnerres du système Grenet, qui est analogue à celui de Melsens. Dans ce système on emploie comme conducteurs des rubans de cuivre rouge ayant 3 centimètres de largeur et 2 millimètres d'épaisseur, et pesant 500 grammes par mètre. Ce ruban a le même pouvoir conducteur que les barres de fer de 2 centimètres d'épaisseur exigées par la Commission municipale, qui pèsent 3 kilogrammes par mètre.

Grâce à leur légèreté, ces conducteurs ne

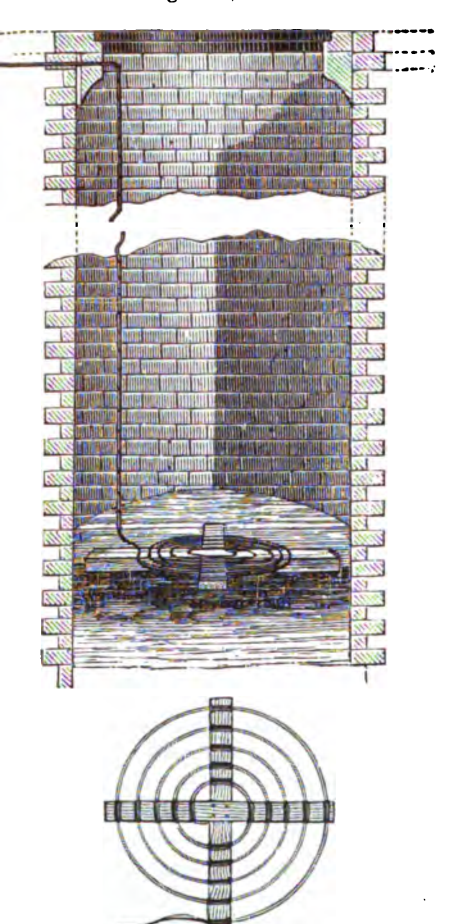


Fig. 669. — Perd-fluide (système Grenet).

surchargent pas les toitures; par suite ils n'exigent aucune précaution spéciale de construction et peuvent être appliqués sur des édifices déjà existants. A cause de leur forme, ils peuvent s'appliquer facilement sur les surfaces du bâtiment en en suivant les contours; ils offrent plus de surface et se soudent plus sûrement avec les parties métalliques des faîtages, de la couverture, chéneaux, gouttières, tuyaux de d

Enfin la forme de ruban permet de remplacer avantageusement l'ancien perd-fluide par une spirale d'environ 15 mètres de long sur un croisillon spécial, et qui occupe du puits, une hauteur inférieure à tres (fig. 669), de sorte qu'il suffit d'une petite hauteur d'eau pour établir une bonne communication.

Paratonnerres pour appareils électriques. — Les appareils électriques reliés à des lignes d'une certaine longueur, notamment les appareils télégraphiques et téléphoniques, sont munis de paratonnerres destinés à éviter qu'ils ne soient détériorés et que les opérateurs soient atteints par les courants intenses qui peuvent circuler dans les lignes pendant les orages.

Les paratonnerres employés à cet usage sont très nombreux, mais peuvent se ramener à un petit nombre de types différents; les uns utilisent la chaleur dégagée par les courants intenses, les autres leur grande différence de potentiel. Les paratonnerres à pointes appartiennent au dernier groupe, ceux à fil fin au premier.

Les paratonnerres à fil sont formés d'un fil fin recouvert de soie, reposant sur une pièce métallique reliée au sol. Les courants des orages brûlent la soie, et le fil se met en communication avec la terre.

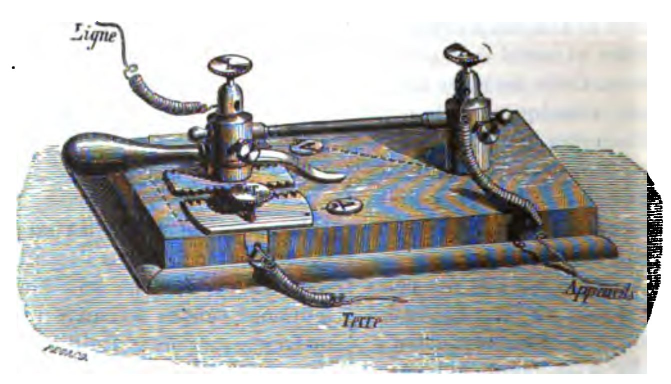


Fig. 670. — Paratonnerre à fil fin et à pointes (Bréguet).

Dans d'autres appareils, deux plaques métalliques, dont l'une est à la terre et l'autre intercalée sur la ligne, sont séparées par une mince de papier paraffiné, de mica ou

ıa. Les courants intenses percent la lame ıte et vont à la terre, tandis que les cou- télégraphiques sont sans action.

Le modèle (fig. 670) possède les deux systèmes. La ligne est reliée aux appareils par un fil de fer très fin, protégé par un petit tube de

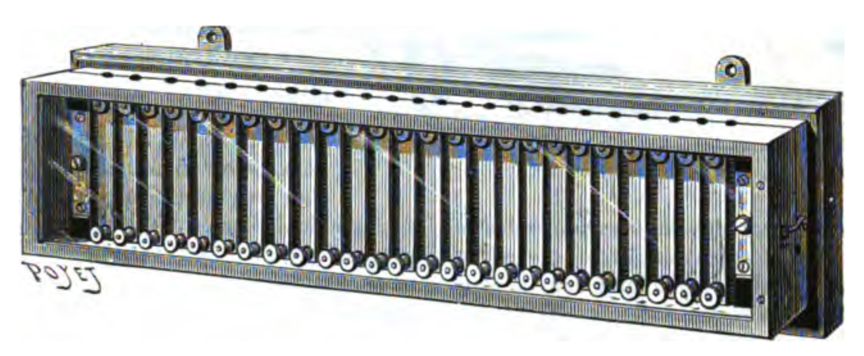


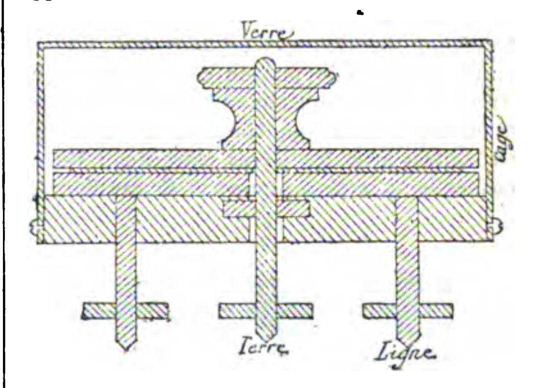
Fig. 671. — Paratonnerre à 25 directions.

creux, et qui fond lorsqu'un courant énergi- traverse la ligne. D'autre part la borne qui te la ligne est fixée sur une plaque de mé- ıunie de dents, en face de laquelle se trouve autre plaque, située à très petite distance, ement munie de dents et communiquant la terre. Pendant les orages l'électricité ›ule à la terre par les pointes. Enfin une ette permet de relier la ligne directement appareils ou à la terre, en la plaçant sur ou l'autre des deux plots métalliques situés ›art et d'autre.

Administration des Téléphones de Paris usage de paratonnerres à pointes et aussi de ıtonnerres à lames (fig. 671). Ces derniers ıploient pour postes de 1 à 50 directions. ocle en fonte est strié ; les lames placées au- ıus le sont également. En cas de décharge, ›urant passe d'une lame au socle et de là à erre.

n adjoint souvent à ce paratonnerre un cy- lre d'ébonite, dont la moitié est recouverte ıe lame de cuivre reliée au sol. Quand l'o- e commence, on fait faire un demi-tour à ce ndre, et toutes les lames sont mises à la ·e. On peut enfin ajouter à chaque lame un in.

I. Van Rysselberghe a imaginé un paraton- re formé de deux disques de cuivre séparés une mince feuille de papier ayant la forme résentée (fig. 672), qui produit un écarte- nt de 0,05 à 0,06 millimètre. Ce paraton- re est très sensible : il devient conducteur ır le courant de 200 éléments Leclanché. Il ıt d'ailleurs supporter des étincelles de :m. de longueur sans être détérioré ; les deux es sont seulement brunies légèrement. Tous les postes du système Van Rysselberghe et les appareils munis du système anti-inducteur du



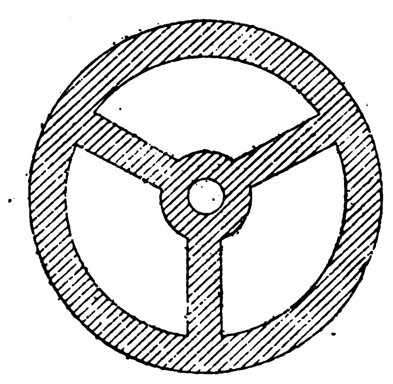


Fig. 672. — Paratonnerre Van Rysselberghe.

même inventeur ont des parafoudres de cette espèce.

La télégraphie militaire fait usage d'un paratonnerre à stries (fig. 673) analogue aux para-

tonnerres à pointes. Deux planchettes de cuivre, séparées par une distance d'environ un demi-

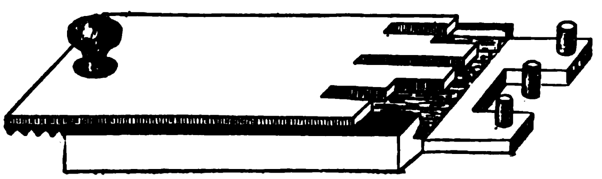


Fig. 673. — Paratonnerre à stries.

millimètre, portent des rainures profondes de 2 millimètres et formant des arêtes bien vives. Ces rainures sont longitudinales sur la planchette inférieure et transversales sur l'autre. Les nombreux points de croisement des deux systèmes d'arêtes rectangulaires forment autant de points d'écoulement à la terre. La plaque inférieure est maintenue dans un plateau en ébonite; elle communique d'une part avec la ligne, de l'autre avec les appareils du poste. La plaque supérieure glisse dans des rainures pratiquées dans le plateau d'ébonite, et peut être poussée plus ou moins loin vers la droite. Si on la pousse incomplètement, elle se trouve en contact avec les pièces marquées : Terre; on fonctionne avec paratonnerre. En cas d'orage,



Fig. 674. — Parafoudre E. Thomson.

on pousse complètement la plaque supérieure vers la droite, ce qui a pour effet de réunir les appareils avec cette plaque et par suite avec le sol.

La Société Thomson-Houston, ayant constaté plusieurs fois des détériorations d'appareils par suite de décharges d'électricité atmosphérique, intercale des paratonnerres sur se[s lignes] d'éclairage électrique. Le modèle [...] (fig. 674) est destiné aux cir[cuits]. Il est formé de deux plaque[s] qui vont en s'écartant vers [le haut], mais sont séparées à la bas[e par une] distance inférieure à $\frac{1}{16}$ de p[ouce] (... mm.). La partie inférieure de[s pla]ques est entourée par les pôle[s] d'un gros électro-aimant, de r[ésistance] négligeable, intercalé dans le circuit. L['une des] plaques, marquée *Earth*, est réunie à la terre, conduite d'eau ou de gaz; l'autre, [marquée] *Line*, avec la ligne à préserver. Un ap[pareil de] ce genre est disposé sur chaque fil, l'[un à l'al]ler, l'autre au retour.

S'il se produit une décharge, elle [...] terre aux plaques de l'appareil; mais [...] par suite, à la base des plaques, un ar[c qui per]sisterait et formerait un court circuit [...] s'il n'était repoussé par l'action des p[ôles de] l'électro vers la partie supérieure des p[laques], où il se trouve rompu, l'écart étant tr[op grand]. Des appareils analogues sont dispos[és sur les] lignes à incandescence.

PARÉLECTRONOMIQUE. — Du Bois-R[eymond] appelle ainsi la partie du tissu qui e[nveloppe le] muscle et dont la force électromotrice, contraire à celle du muscle, l'annule [...] ment.

PARKÉSINE. — Substance isolante f[ormée de] fulmi-coton et d'huile de ricin, et inv[entée par] M. Parkes.

PARLEUR ou SOUNDER. — Appareil r[ecevant] les dépêches télégraphiques au son. C[et appareil] est très employé en Italie et en Améri[que (Voy.] TÉLÉGRAPHE).

PATE A PAPIER (FABRICATION DE [LA]). M. Ch. Kellner a inventé récemment un n[ouveau] procédé dans lequel la pâte de bois e[st déco]lorée par l'électricité.

Le bois découpé est trempé dans [une solu]tion de sel gemme, puis le mélange e[st soumis] à l'électrolyse, qui donne de la soude [au pôle] négatif et du chlore au pôle positif. C[es deux] substances agissent comme dissolvant[s et blan]chissants. On renverse le courant de t[emps en] temps pour mélanger la soude et le [chlore]. Sous l'action de ces agents, le bois s[ubit une] désagrégation et un blanchiment [...] tandis que le sel marin se reforme sa[ns cesse]. Cette nouvelle application de l'électr[icité se] rapproche de celle décrite plus haut (Voy. [BLAN]CHIMENT).

TTE GALVANOSCOPIQUE. — Patte de ›uille préparée à la manière de Galvani servir de galvanoscope. On coupe la gre-le en deux, on dépouille les membres in-ırs, et l'on garde seulement une jambe avec rf de la cuisse correspondante. On place patte dans un tube de verre, le nerf sor-à l'extrémité. On a ainsi un galvanoscope .ccuse facilement $\frac{1}{200}$ de volt et dont les in-ions sont visibles de loin.

CHE ÉLECTRIQUE. — Procédés de pêche nt usage de l'électricité. On peut intro-› dans l'eau une lampe à incandescence l'éclat attire les poissons, ou produire l'eau l'explosion d'une cartouche de .mite, pour tuer les poissons qui se trou-dans le voisinage. Ces procédés sont dits en France.

. donne le même nom à une petite récréa-qui consiste à pêcher des poissons de papier .ide d'une ligne ayant pour amorce un morceau de cire à cacheter qu'on frotte ement avec de la laine.

CITÉ. — Substance isolante formée de tiers en poids de poix grecque et d'un tiers lâtre calciné. Ce mélange, peu coûteux, mieux que l'ébonite. Il est très employé lie et tire son nom de l'italien *pece* (poix).

DALE. — Commutateur utilisé dans cer-; avertisseurs destinés aux chemins de fer ans certains modes de block-system. La le est établie sur la voie et actionnée par assage des trains. Ce système ne semble lonner de bons résultats.

ı donne encore le nom de pédale aux appa-d'appel pour sonnerie (Voy. ce mot) qui ıanœuvrent avec le pied.

IGNE. — Pièce métallique garnie de poin-›arallèles; organe des machines électrosta-es et des paratonnerres télégraphiques.

ENDULE ÉLECTRIQUE. — Électroscope '. ce mot) formé d'une balle de sureau ›endue à un fil de soie.

n donne le même nom aux pendules qui 'ent à régulariser les horloges et dont le ıvement est entretenu électriquement. . Horloge.

ERCE-CARTE. — Appareil portant deux ıtes métalliques entre lesquelles on place carte pour la percer par la décharge d'une teille de Leyde. Le trou percé dans la carte ente des bavures des deux côtés, et, si les x pointes sont à des hauteurs différentes, il plus près de la pointe négative.

PERCE-VERRE. — Appareil muni de deux pointes (fig. 675) entre lesquelles on dispose

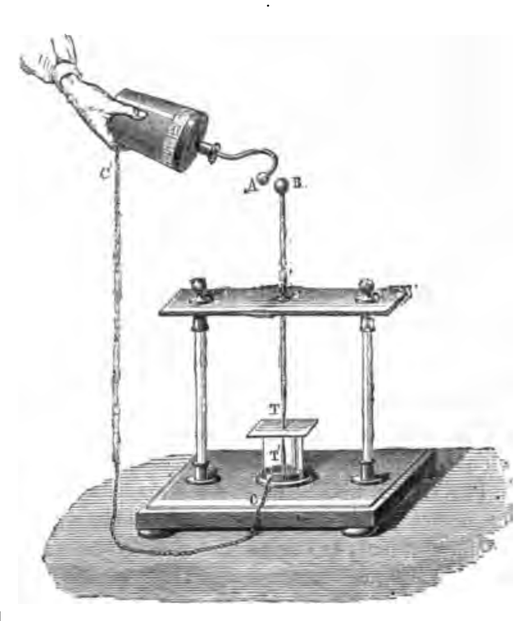


Fig. 675. — Perce-verre.

une plaque de verre pour la percer par la décharge d'une bouteille de Leyde ou mieux d'une batterie. Il est bon de noyer la pointe supérieure dans une goutte d'huile ou de pétrole, pour empêcher la décharge de contourner le verre.

Avec de fortes batteries, on peut percer une plaque de plusieurs centimètres d'épaisseur; mais il faut alors que les deux pointes soient complètement noyées dans une substance isolante, par exemple un mélange de cire et de résine.

PERD-FLUIDE. — Partie d'un paratonnerre (Voy. ce mot) qui établit la communication avec le sol.

PERFORATEUR ÉLECTRIQUE. — On donne ce nom à divers appareils : perce-carte et perce-verre, outils employés dans les mines (Voy. Perforatrice), organe du télégraphe de Wheatstone, appareil servant à perforer les bandes du mélographe de Carpentier pour les préparer à être employées dans le mélotrope.

PERFORATRICE ÉLECTRIQUE. — Outil servant à perforer et actionné par un moteur électrique. (Voy. Haveuse.)

PÉRIODE VARIABLE. — Voy. État variable.

PERMÉABILITÉ MAGNÉTIQUE. — Soit, dans un champ uniforme, un corps capable de prendre une aimantation uniforme, par exemple

une sphère homogène. Son état peut être regardé comme provenant d'une modification du milieu qui la compose, analogue à celle qui existait antérieurement dans le milieu dont elle a pris la place, mais le flux de force par unité de surface ayant été multiplié par un certain coefficient qu'on appelle la *perméabilité magnétique*. Ce coefficient est plus grand que 1 pour les corps magnétiques, et plus petit que 1 pour les substances diamagnétiques. Il dépend à la fois de la nature du corps, de son état et de la valeur de la force magnétisante.

PERMISSIF. — Se dit du blok-system dans lequel un train peut être autorisé, sous certaines conditions, à pénétrer dans une section bloquée (Voy. BLOCK-SYSTEM).

PERMUTATEUR. — Syn. de COMMUTATEUR.

PERTE A LA TERRE. — Dérangement qui provient d'une communication fortuite avec la terre.

PERTE DE CHARGE. — On donne ce nom à la perte d'énergie, due principalement à l'échauffement, qui se produit dans toute canalisation. Elle est en moyenne d'environ 6 p. 100 dans les conducteurs principaux, 2 p. 100 dans les câbles intermédiaires et 2 p. 100 dans les dérivations, total 10 p. 100.

PERTE DE COURANT. — Dérangement produit par le contact d'un fil avec un autre conducteur ou avec la terre.

PERTURBATION MAGNÉTIQUE. — Syn. d'ORAGE MAGNÉTIQUE.

PÉTROLE (ESSAI DU) **PAR L'ÉLECTRICITÉ.** — L'appareil Seybold, fort employé en Amérique, sert à essayer l'inflammabilité du pétrole par une étincelle d'induction. Le pétrole est chauffé dans une petite chaudière munie d'un thermomètre. A chaque degré ou demi-degré, on fait passer une étincelle, jusqu'à ce que l'inflammation se produise.

PHARE ÉLECTRIQUE. — Phare éclairé par un ou plusieurs régulateurs électriques. Après quelques essais infructueux, tentés en Angleterre, la lumière électrique fut installée pour la première fois aux deux phares de la Hève, près du Havre, en 1863 et 1865; les lampes étaient alimentées par des machines de l'Alliance.

Depuis cette époque, l'arc voltaïque fut installé à Odessa en 1866, à Souter-Point en 1871, aux caps Gris-Nez et Lézard en 1878, puis à Calais, Planier, Dunkerque, La Canche en France, South-Foreland, Sainte-Catherine en Angleterre, etc.

Les machines de l'Alliance ont été abandonnées depuis longtemps, mais, après quelques essais, on a laissé également de côté en général les dynamos pour revenir aux [illegible] magnéto-électriques. C'est qu'en eff[illegible] leurs qualités de volume et de prix [illegible] plus réduits, les dynamos sont [illegible] plus sujettes aux avaries. Les machin[illegible] électriques sont plus robustes, et l[illegible] réparations indispensables (chan[illegible] collecteur ou d'une bobine) peuvent [illegible] sur place et instantanément par le [illegible] machine employée le plus souvent [illegible] chine magnéto de Méritens à courants [illegible] (Voy. MACHINE D'INDUCTION). On se [illegible] quelquefois de la dynamo Gramme à [illegible] continu, semblable à celle qui alimen[illegible] jecteurs des navires de guerre.

Comme source lumineuse, on fait [illegible] de la lampe Serrin, modifiée par M. B[illegible] d'empêcher l'échauffement exagéré [illegible] aimant par les courants alternatif[illegible] régulateur Gramme, plus constant [illegible] réglage plus parfait. Cet appareil, [illegible] foyer de l'*optique*, glisse sur des rail[illegible] être, en cas d'accident, remplacé ins[illegible]ment par une lampe de rechange.

La surveillance du gardien est r[illegible] facile par l'adjonction d'une petite le[illegible] projette sur un écran l'image du fo[illegible] neux. Une lampe à huile à quatre m[illegible] toujours prête à remplacer les foy[illegible] ques, s'ils étaient tous deux hors de [illegible]

On sait que le foyer d'un phare est [illegible] d'un système de lentilles et de miroi[illegible] *optique*, qui sert à concentrer la lumi[illegible] faisceau horizontal (fig. 676). Le foyer [illegible] est au centre de la cage; il est en[illegible] une série de lentilles à échelons; [illegible] et au-dessous sont disposées des cou[illegible] prismes à réflexion totale, qui renv[illegible] zontalement les rayons les plus div[illegible]

Dans certains appareils, l'optique [illegible] feu n'éclaire alors qu'une partie de [illegible] celle qui regarde la mer : ce sont les [illegible] Les *feux scintillants* s'obtiennent à l'[illegible] appareil optique qui n'éclaire qu'un [illegible] nombre de secteurs de l'horizon, et [illegible] autour du foyer. Dans ces derniers [illegible] tous les éclats peuvent être blancs, [illegible] tain nombre peuvent être rouges, ce [illegible] tient par la coloration du système op[illegible]

Dans les phares à feux blancs [illegible] des éclipses, la durée d'un éclat est [illegible] tiers de seconde, celle d'une éclipse [illegible] de la durée d'un éclat ou d'un group[illegible]

Dans les appareils à feux blancs [illegible] des feux rouges, la durée d'un éclat [illegible]

is quarts de seconde, la durée d'un éclat d'une demi-seconde. La durée des éclipii séparent les éclats blancs d'un groupe iple de la durée de ces éclats ; la durée clipses qui séparent les groupes rouges

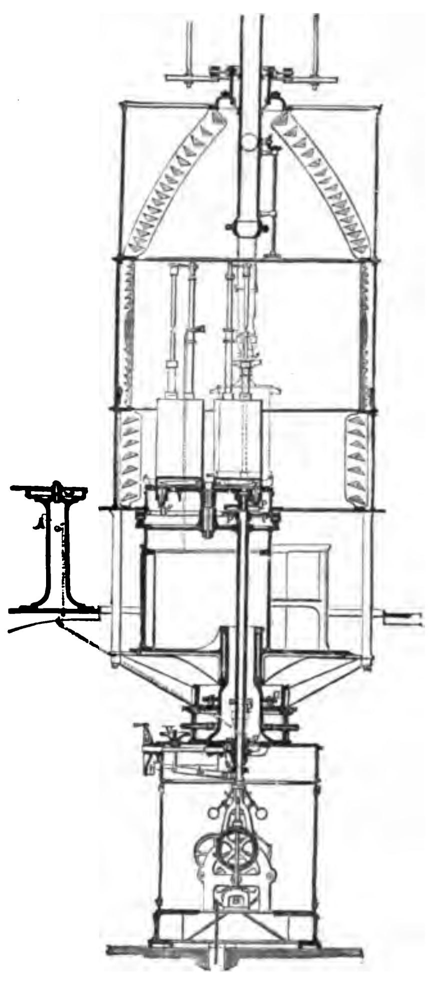


Fig. 676. — Optique d'un phare.

groupes blancs est double de celle des pses précédentes.

.'Administration française a adopté les huit actères suivants, réprésentés par la figure 677, ıs laquelle les traits pleins indiquent les ıts blancs, et les traits pointillés les éclats ıges.

o Feux à éclats blancs uniformément séparés.
o Feux à éclats blancs par groupes de deux.
o Feux à éclats blancs par groupes de trois.
o Feux à éclats blancs par groupes de quatre.
,o Feux à éclats alternativement blancs et rouges.
;o Feux à groupes de deux éclats blancs séparés par un éclat rouge.
7o Feux à groupes de trois éclats blancs séparés par un éclat rouge.
8o Feux à quatre éclats blancs séparés par un éclat rouge.

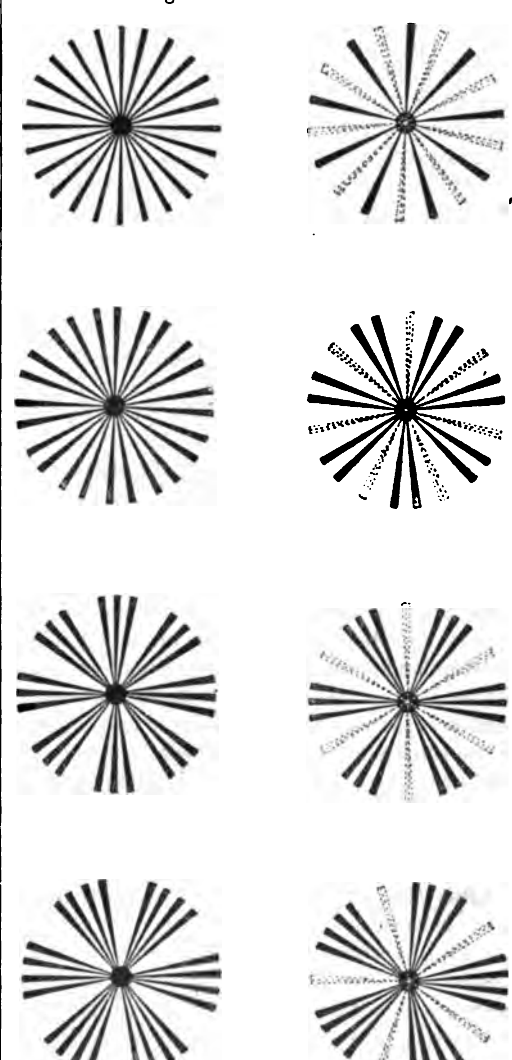


Fig. 677. — Différents caractères des phares français.

On avait craint tout d'abord que la lumière électrique, moins riche en rayons jaunes et verts que les autres lumières, traversât moins facilement le brouillard. Des expériences instituées en 1885 à South-Foreland par la Commission anglaise des phares (*Corporation of the Trinity House*), et dans lesquelles on avait installé une lampe électrique, une lampe à gaz et une lampe à huile sur trois tours voisines, ont montré que la lumière électrique est la plus puissante par tous les temps et celle qui pénètre le plus loin dans le brouillard.

M. Allard, inspecteur général des phares français, a fait une série d'expériences et de calculs, d'où il résulte que la portée des phares croît beaucoup moins vite que leur intensité ; il n'y a donc pas un très grand avantage à augmenter beaucoup cette dernière.

Ainsi un phare de 6 250 carcels porte à 53 kilomètres par une transparence moyenne de l'atmosphère, à 24 kilomètres par un état moins transparent et à 3,7 kilomètres seulement par un brouillard intense qui règne environ dix nuits par an. Un phare d'intensité vingt fois plus grande (125 000 carcels) aura dans les mêmes conditions une portée de 75,4 kilom., 32 km. et 4,6 kilom. La portée est donc augmentée dans le rapport de 1,42 pour le premier cas, 1,34 pour le second et 1,24 pour le dernier ; le gain est donc d'autant plus faible que le brouillard est plus épais.

PHÉNOMÈNES ÉLECTRO-CAPILLAIRES. — Voy. ÉLECTRO-CAPILLAIRES (PHÉNOMÈNES).

PHÉNOMÈNE DE HALL. — Supposons qu'on fixe aux deux extrémités opposées d'une lame métallique mince les deux électrodes A et B d'une pile. La lame est traversée par le courant. Si on prend deux fils reliés par un galvanomètre et qu'on applique leurs extrémités a et b sur les deux faces opposées de la lame, on trouve facilement une position telle que le galvanomètre ne soit pas dévié : il suffit que les deux extrémités a et b soient sur une même surface équipotentielle. Si la lame est homogène et d'égale épaisseur, les surfaces équipotentielles sont des plans perpendiculaires à la ligne AB ; il suffit donc que les points a et b soient dans un de ces plans.

Si l'on détermine alors un champ magnétique intense, de sorte que la lame soit perpendiculaire aux lignes de force de ce champ, une partie du courant traverse le galvanomètre. Le courant va de a à b à travers le galvanomètre pour le fer, le cobalt, le zinc, en sens inverse pour le nickel, l'or, l'argent, le bismuth ; il est nul pour le plomb et le platine.

Si e est l'épaisseur de la lame, I l'intensité du courant total, F celle du champ, et k une constante qui varie avec la nature du métal, la différence de potentiel entre a et b est $\frac{kIF}{e}$.

Ce phénomène est dû à une déviation des lignes de flux et des lignes équipotentielles sous l'action du champ magnétique.

PHÉNOMÈNE DE KERR. — On désigne sous ce nom les résultats suivants observés par M. Kerr. Lorsqu'un faisceau de lumière polarisée se réfléchit sur l'un des pôles d'un électro-aimant, le plan de polarisation tourne d'un certain angle en sens contraire de la rotation du courant. Ainsi le pôle nord d'un électro-aimant fait tourner le plan de polarisation vers la droite.

Pour le vérifier, on place en L une source de lumière (fig. 678) et l'on tourne le nicol A de façon à polariser la lumière soit dans le plan d'incidence, soit perpendiculairement à ce plan ;

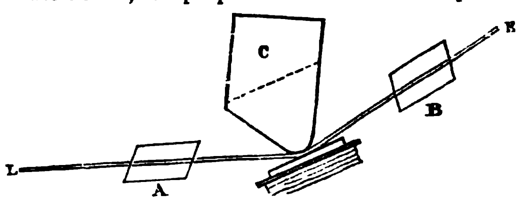


Fig. 678. — Phénomène de Kerr.

puis on amène le nicol B à l'extinction. L'observateur se place en E. On ajoute ordinairement en C un coin de fer doux qui paraît servir à concentrer la force magnétique.

Le phénomène est plus net sous l'incidence normale, parce qu'on évite l'effet dû à la réflexion métallique.

M. Kerr a observé aussi la rotation du plan de polarisation lorsque la réflexion se fait sur le côté d'un aimant.

On trouvera à l'article POUVOIR ÉLECTRO-OPTIQUE d'autres faits observés par M. Kerr.

PHÉNOMÈNE PELTIER. — Voy. EFFET PELTIER.

PHÉNOMÈNE THOMSON. — Voy. EFFET THOMSON.

PHONE. — Récepteur téléphonique du *phonoplex* d'Édison.

Le phone est formé d'un aimant en fer à cheval, dont chaque branche porte une bobine. Le diaphragme qui vibre devant ces bobines porte une tige filetée, munie d'un écrou, qui vient à chaque vibration frapper sur un anneau d'acier fendu en produisant un bruit particulier. L'aimant et les bobines sont renfermés dans un étui de laiton.

PHONOÉLECTROSCOPE. — Cet appareil imaginé par M. Edwin Smith est formé de deux cordes à l'unisson tendues sur une caisse sonore. En faisant passer un courant dans l'une des cordes, le son s'abaisse plus ou moins ; ce changement permet de calculer la quantité d'électricité qui a traversé le fil en un temps donné ou l'intensité du courant.

PHONOGRAPHE. — Appareil imaginé par Edi-

son et destiné à reproduire la parole humaine. A l'origine, le phonographe n'empruntait rien à l'électricité. Il se composait d'un cylindre métallique P dont l'axe AA est fileté (fig. 679), de façon que la manivelle le fait tourner et avancer en même temps. La surface du cylindre

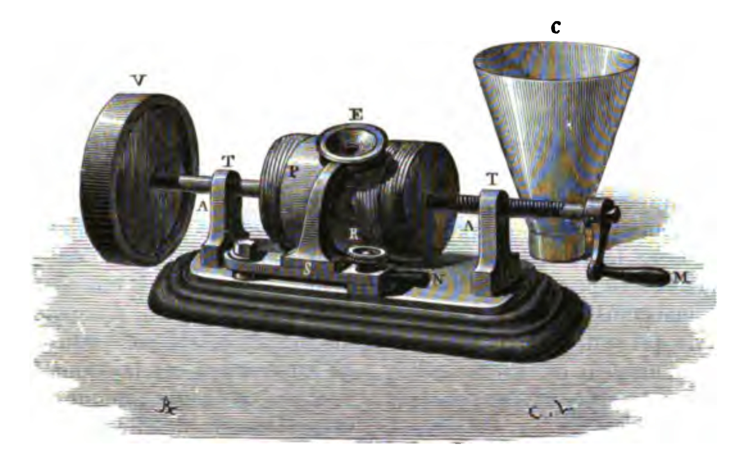


Fig. 679. — Phonographe (modèle primitif).

porte une rainure hélicoïdale de même pas, et doit être recouverte pour chaque expérience d'une feuille d'étain. Au fond d'un cornet E est disposée une membrane vibrante dont les mouvements peuvent se transmettre à un style inscripteur en contact avec la feuille d'étain. Si

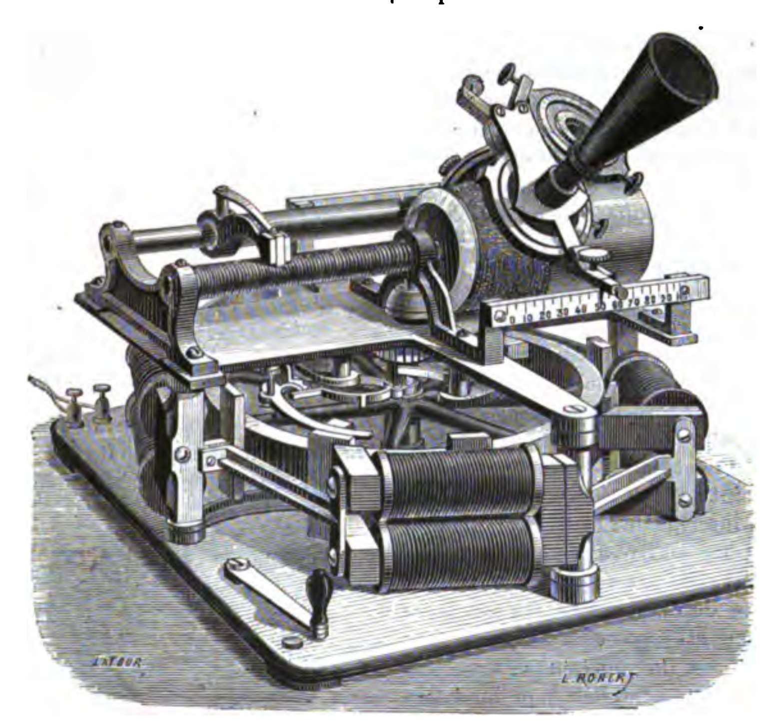


Fig. 680. — Phonographe (nouveau modèle). (*La lumière électrique*, 4 février 1888.)

l'on fait mouvoir le cylindre, la pointe suit la rainure hélicoïdale ; si l'on parle en même temps devant l'embouchure E, les vibrations se transmettent par l'intermédiaire de la membrane jusqu'au style, qui, sous cette impulsion, s'enfonce plus ou moins profondément dans l'étain et y imprime un tracé qui correspond exactement aux sons émis. Si l'on ramène en-

suite le cylindre à son point de départ et qu'on recommence à le faire mouvoir dans le même sens et avec la même vitesse, la pointe du style s'engage dans le tracé et en suit exactement les moindres sinuosités; elle communique son mouvement à la membrane, qui reproduit les paroles qu'on a prononcées avec leur hauteur et leur timbre. Un cornet de carton se place dans l'embouchure E pour renforcer les sons émis.

Après de longs essais, M. Edison a donné récemment au phonographe une nouvelle forme, qui produit de meilleurs résultats, et qui a été brevetée en Angleterre le 14 décembre 1887. L'axe principal du nouveau phonographe tourne dans deux paliers, mais sans avancer; c'est l'embouchure et le style qui se déplacent. L'axe reçoit le mouvement d'un petit moteur magnéto-électrique placé dans le socle de l'appareil; il est fileté et porte à l'une de ses extrémités un cylindre de cuivre recouvert d'une couche de cire durcie sur laquelle doivent s'inscrire les vibrations sonores. Une tige horizontale, placée parallèlement au premier axe, porte un chariot auquel sont fixés l'embouchure, la membrane et le style. Ce chariot est commandé par le bras que l'on voit à gauche et qui porte une pièce taillée en forme de peigne, de manière à s'appliquer sur le pas de vis de l'axe principal en formant écrou. Lorsque le moteur est en mouvement, l'axe tourne ainsi que le cylindre de cire; la pièce écrou avance lentement, entraînant le style qui décrit une hélice sur la surface du cylindre.

Le bras articulé qui porte l'embouchure peut recevoir deux diaphragmes, l'un pour l'inscription, l'autre pour la reproduction de la parole; il est également muni d'un outil servant à égaliser la surface du cylindre de cire avant l'inscription. On fait d'abord manœuvrer l'instrument à vide, afin de préparer la surface par le passage de cet outil. On ramène ensuite le chariot au point de départ et l'on met en place le diaphragme inscripteur : le style ou aiguille qui produit le tracé est fixé au centre de ce diaphragme, et il est relié par un pivot à un ressort fixé sur le cadre du diaphragme. On fait alors marcher le moteur et l'on procède à l'inscription.

Quand le tracé est fini, on ramène encore le chariot au zéro et l'on remplace le premier diaphragme par celui qui sert à reproduire la parole; c'est un diaphragme en baudruche au centre duquel se trouve une goupille reliée à un ressort délié en acier, dont l'une des extrémités est attachée au cadre du diaphragme, et dont l'autre appuie sur le cylindre de cire. L'appareil ainsi disposé est prêt ... les sons qu'il a enregistrés.

Dans ce nouvel appareil, l'inven... fié l'intensité pour obtenir une ar... tincte et une intonation parfait... nécessaire, pour percevoir les son... de petits tuyaux acoustiques qu'o... oreilles.

La couche de cire est cylindrique ... d'épaisseur, 50 mm. de diamètre ... de longueur. Le cylindre fait 50 t... nute et peut recevoir 100 lignes par ...

Le moteur est formé de quatre ... mants, entre lesquels tourne un vol... tal en bronze, garni d'armatures d... qui sont successivement attirées par l... Le mouvement est transmis à l'ax... une paire de roues coniques de fric... deux éléments de pile suffisent à a... moteur, qui est pourvu d'un régul... sensible, destiné à maintenir la vit... tante. Ce régulateur consiste en une m... trifuge placée sur l'un des rayons du ... qui rompt le circuit lorsque la vites... augmenter.

Les deux diaphragmes sont placés ... pièce métallique percée de deux tr...

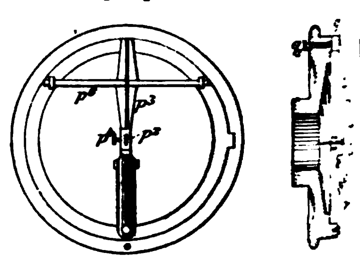


Fig. 681. — Récepteur.
(Figure communiquée par M. Julien Bra...

permet de les substituer rapidement l'... tre en tournant la pièce de l'angle con... Le diaphragme devant lequel on a parl...

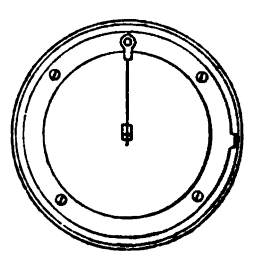
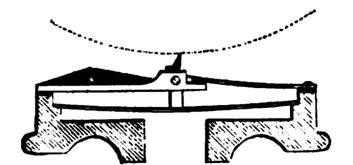


Fig. 682. — Parleur.
(Figure communiquée par M. Julien Bra...

teur) diffère de celui qui les reproduit ... Le premier (fig. 681) porte une pointe ...

d'une petite lame d'acier tranchante, fixée par de la cire au milieu d'une pastille de caoutchouc p^5 et assujettie par une vis p^4 au centre du levier p^3, qui tourne autour de l'axe p^6. Le bloc de caoutchouc q, réglé par la vis micrométrique q^2, limite les mouvements du levier et de la pointe. La membrane est maintenue tendue par le ressort q^3; elle ne peut donc exécuter que les mouvements permis par l'élasticité de la buttée q. La pastille de caoutchouc emmagasine une énergie suffisante pour renvoyer vivement la membrane et amortir les vibrations parasites.

Le parleur (fig. 682) est formé d'une membrane en baudruche, tendue entre l'anneau et le fond fileté. La pointe du style est arrondie, pour ne



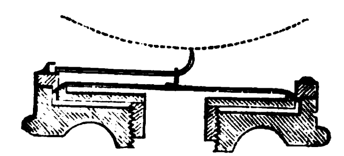


Fig. 683. — Diaphragmes du récepteur et du parleur (dernier modèle). (Figure communiquée par M. Julien Brault.)

pas érailler les tracés des phonogrammes ; elle est beaucoup moins large que les sillons et peut s'y mouvoir librement. Dans la disposition la plus récente (fig. 683), le diaphragme du récepteur est en verre et celui du parleur en soie ; la disposition est du reste analogue à la précédente.

PHONOPHORE. — Sorte de microphone composé de deux charbons, l'un fixe, l'autre suspendu à l'extrémité d'un levier muni d'un contre-poids.

PHONOPLEX ou **WAY-DUPLEX.** — Disposition imaginée par Édison pour pouvoir transmettre en duplex sur les lignes télégraphiques des chemins de fer, sans avoir besoin de donner aux diverses parties de la ligne les mêmes qualités de résistance, de capacité et d'isolement. Ce système est analogue à celui de M. Van Rysselberghe pour la télégraphie et la téléphonie simultanées. On fait usage d'un récepteur téléphonique spécial, appelé *phone.*

PHONOPORE. — Système imaginé par M. Langdon Davies pour la télégraphie et la téléphonie simultanées, et qui se compose de deux fils isolés parallèles enroulés ensemble.

PHONOSCOPE. — Terme désignant tous les appareils destinés à l'étude de la voix, et qui utilisent l'électricité.

PHONO-SIGNAL. — Système inventé par M. Ader pour entendre les signaux transmis par câble sous-marin.

Dans une transmission ordinaire, où l'on emploie l'alphabet Morse, on entendra un son en remplaçant le récepteur par un téléphone. Mais, avec un câble sous-marin, la transmission serait trop lente pour donner naissance à un son Il faudrait intercaler un interrupteur à mouvement d'horlogerie, qui produise un grand nombre d'interruptions par seconde.

Cette disposition serait applicable avec l'alphabet Morse, mais, en réalité, on se sert dans la télégraphie sous-marine de courants positifs et négatifs, qui correspondent aux points et aux traits, et ces courants ne donneraient aucune différence dans le téléphone.

Pour éviter cet inconvénient, l'interrupteur envoie chaque signal dans deux téléphones destinés aux deux oreilles et qui sont reliés à la terre par l'intermédiaire de deux piles montées en sens contraire. Suivant le sens du courant transmis, il est renforcé par l'une des piles et affaibli par l'autre, de sorte qu'un des téléphones fait entendre les courants positifs seulement, l'autre les courants négatifs.

PHOSPHORESCENCE. — Propriété que possèdent certains corps de devenir lumineux dans l'obscurité, lorsqu'on les a exposés au soleil ou à la lumière électrique. Beaucoup de substances deviennent phosphorescentes dans les tubes de Geissler.

PHOTOCHROMOSCOPIE. — Méthode consistant à éclairer par des étincelles d'induction des corps en mouvement, qui paraissent immobiles à cause de la faible durée de l'étincelle. On peut ainsi mesurer la vitesse de certains mouvements rapides et simples, tels que vibration, rotation, etc.

M. Izarn a proposé de remplacer l'étincelle d'induction par la lueur des tubes de Geissler.

PHOTO-ÉLECTRIQUE. — Qui fournit de la lumière électrique, ou qui utilise cette lumière.

PHOTO-ÉLECTROGRAPHE. — Électroscope à enregistrement photographique employé à Kiew (Russie). Les feuilles d'or, fortement éclairées, réfléchissent la lumière sur une bande de papier sensible qui se déroule d'un mouvement uniforme. Leurs mouvements produisent deux

courbes dont l'écartement indique l'état électrique de l'atmosphère. L'électroscope est relié avec un paratonnerre.

PHOTOGALVANOGRAPHIE. — Méthode photographique donnant sur une plaque, couverte de glu mélangée de substances impressionnables, un dessin en creux ou en relief, qui est ensuite cliché par l'électrotypie pour avoir les planches nécessaires à l'impression.

PHOTOGRAPHIE ÉLECTRIQUE. — Photographie obtenue à l'aide de la lumière électrique remplaçant la lumière solaire. La lumière solaire ne brille que pendant une partie du jour et son intensité varie d'une heure à l'autre, de sorte qu'on ne peut jamais compter sur un effet certain et qu'on est arrêté souvent dans les opérations photographiques par les changements d'éclat ou même par la disparition complète de la lumière. C'est pourquoi l'on a cherché depuis longtemps à utiliser les lumières artificielles, et notamment la lumière électrique, qui est la plus intense.

Les propriétés photogéniques de cette lumière sont connues depuis longtemps: une brochure publiée en 1689 raconte que la foudre tombant sur une église « imprima le canon de la messe sur une nappe d'autel ». L'emploi de la lumière électrique a été cependant fort restreint jusqu'ici par son prix de revient élevé et la difficulté de se la procurer et aussi de lui faire produire un éclairage aussi agréable et d'un effet aussi artistique que celui de la lumière solaire. C'est que cette dernière, tombant en larges faisceaux parallèles, vient baigner le modèle de tous côtés en produisant des clairs et des ombres, mais aussi des pénombres et des demi-teintes qui adoucissent le passage de la pleine lumière à l'obscurité complète, et donnent aux objets un modelé agréable. Cette qualité manque absolument à la lumière électrique, dont les rayons, partant sensiblement d'un même point, se répandent en faisceaux divergents et forment à la surface du sujet des clairs et des ombres heurtés et sans transition, qui donnent aux visages une apparence rigide et cadavérique.

Pour éviter cet inconvénient, M. Liébert emploie un procédé très ingénieux. La source de lumière est une lampe à arc, formée de deux charbons à angle droit, dont l'un est fixe, l'autre mobile à l'aide d'un pas de vis. Le point lumineux, qui se trouve au sommet de l'angle droit, est disposé au centre d'une demi-sphère en métal de 2 mètres de diamètre, suspendue à une monture solide, et qu'on peut déplacer et orienter à volonté. Un disque métallique cache la source du côté du modèle, qui ne reçoit que la lumière renvoyée par le réflecteur. On obtient ainsi un éclairage beaucoup plus doux, plus analogue à celui du soleil, et ne fatiguant pas les yeux des personnes qu'on veut faire poser. On peut en outre opérer par tous les temps et à toutes les heures du jour et même de la nuit. La lumière électrique convient à la photographie, non seulement par son intensité, mais aussi par sa richesse en rayons photogéniques.

La lumière électrique rend encore d'autres services à la photographie : elle permet d'obtenir des reproductions photographiques dans certaines conditions particulières et sans chambre noire. Ainsi le docteur Boudet de Pâris a reproduit des médailles, monnaies, cachets, etc., en les appliquant sur la face sensible d'une plaque au gélatino-bromure d'argent, posée elle-même sur une feuille d'étain. En chargeant à refus le condensateur ainsi constitué, au moyen d'une petite machine de Voss, et le déchargeant ensuite, on obtenait de belles images. M. Ducretet a obtenu de même de belles photographies d'étincelles ou d'effluves en provoquant la décharge dans l'obscurité, à une petite distance d'une plaque au gélatino-bromure, dans l'intérieur d'une petite cage en verre rouge.

Enfin M. Londe a employé la lumière électrique pour mesurer la vitesse des obturateurs: il a montré ainsi que la lumière électrique n'agit pas réellement sur la plaque pendant tout le temps que l'obturateur est démasqué (Voy. J. Lefèvre, *La Photographie et ses applications*).

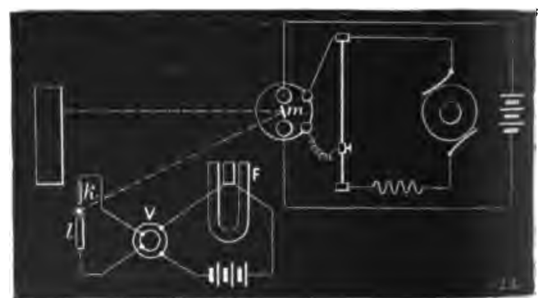


Fig. 684. — Enregistrement par la photographie (méthode de M. Eric Gérard)

Enregistrement par la photographie. — Parmi les applications de la photographie, nous cite-

rons son emploi pour l'enregistrement des phénomènes électriques. Nous en avons déjà donné des exemples (Voy. Actinomètre, Électromètre, etc.). Nous citerons encore une méthode

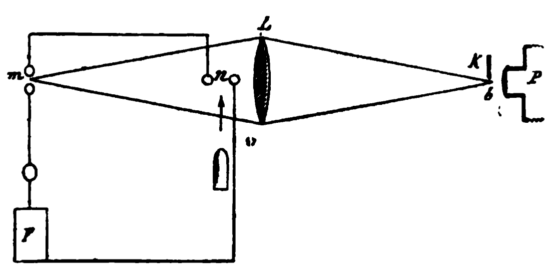


Fig. 685. — Disposition des expériences du Dr Mach.

très simple, employée avec succès par M. Eric Gérard, de Liège, pour enregistrer des mouvements rapides, tels que les oscillations d'un galvanomètre à miroir. *m* est ce miroir (fig. 684),

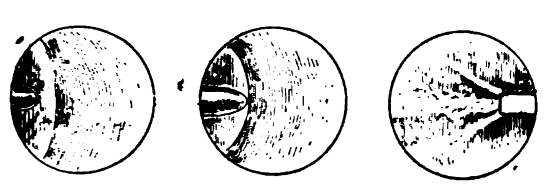


Fig. 686. — Photographie des projectiles en mouvement.

qui est éclairé par des étincelles d'induction, éclatant entre une pointe de charbon *l* et un fil épais de magnésium *k*. Les interruptions du

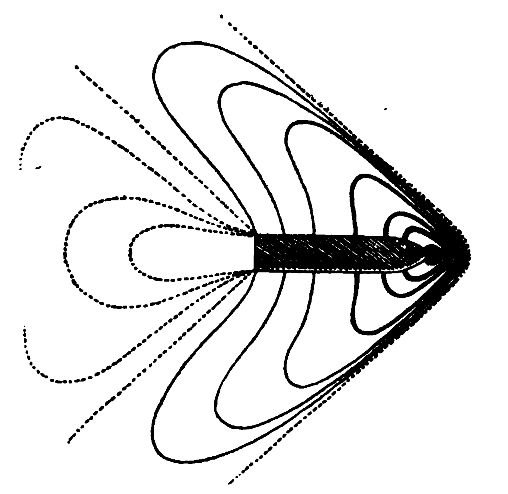


Fig. 687. — Schéma des zones d'air comprimée et raréfiée par un projectile.

circuit primaire sont produites par un électro-diapason F, ayant une période de vibration bien connue. Le faisceau réfléchi tombe sur une lentille et vient former une image de l'étincelle sur une feuille de papier sensibilisé, tendue sur un cylindre tournant ou sur une planchette verticale animée d'un mouvement de descente. On obtient au développement une courbe pointillée ; en traçant par les points successifs des traits perpendiculaires à la direction du mouvement, on obtient des intervalles correspondant à des temps égaux et bien connus. Pour avoir une étincelle bien nette, on place une bouteille de Leyde en dérivation sur le circuit secondaire.

Photographie des projectiles en mouvement. — Nous citerons enfin, comme dernière application de l'électricité à la photographie, la belle expérience du docteur Mach, qui est parvenu à photographier les projectiles en mouvement. Une forte batterie électrique F (fig. 685) est placée dans un circuit contenant deux interrupteurs *m* et *n*, placés en ligne droite avec la lentille L et la chambre noire P. Le fusil est placé à quatre mètres de *n*, de sorte que le projectile vient rencontrer cet interrupteur dans la direction de la flèche. Au moment où il franchit ce point, une forte étincelle jaillit en *m* et l'éclaire vivement, ce qui donne une image sur la plaque sensible.

La figure 686 montre quelques-uns des résultats obtenus. Les deux premiers dessins montrent que l'air est comprimé en avant du projectile, et le dernier qu'il est raréfié en arrière, comme on pouvait s'y attendre. L'examen des nombreuses épreuves obtenues montre que, à l'avant, la couche qui limite la zone comprimée est une hyperbole, et à l'arrière, les droites qui limitent la zone raréfiée sont parallèles aux asymptotes de cette hyperbole (fig. 687).

PHOTOGRAVURE. — La gravure en creux utilise seule l'électricité, dont le rôle se borne généralement à donner par la galvanoplastie des reproductions fidèles des moules. Dès 1841, M. Fizeau, puis MM. Berres, Donné, etc., songèrent à placer les plaques daguerriennes dans un bain galvanique, soit pour creuser certains points, soit au contraire pour produire des saillies ; on transformait ainsi l'épreuve daguerrienne en une plaque propre à la gravure. Ces procédés furent bientôt abandonnés avec le daguerréotype lui-même.

Le rôle de l'électricité dans la photogravure étant aujourd'hui extrêmement restreint, nous indiquerons seulement la marche du procédé Rousselon, employé par la maison Goupil ; nous renvoyons pour les autres méthodes à l'ou-

vrage auquel nous empruntons ces détails (J. Lefèvre, *La Photographie et ses applications*). Dans le procédé Rousselon, on tire, sous le négatif, une épreuve positive sur gélatine bichromatée ; le développement à l'eau tiède donne des reliefs qui figurent les ombres. On place la couche impressionnée sur une planche d'un métal mou, et l'on soumet à une forte pression, ce qui donne sur le métal une image ayant les ombres en creux. Cette planche n'étant pas assez résistante, on en fait par la galvanoplastie un moule, dans lequel on obtient ensuite par le même procédé autant de copies de la première planche métallique qu'on en désire. L'électricité joue un rôle analogue dans plusieurs autres procédés de photogravure.

PHOTOMÈTRE ÉLECTRIQUE. — Instrument imaginé par Masson et destiné à mesurer l'intensité lumineuse des étincelles électriques.

Il existe aussi plusieurs photomètres, destinés à comparer des sources lumineuses quelconques, en utilisant les variations de résistance électrique du sélénium sous l'action de la lumière. Le photomètre de W. Siemens est formé d'un tube de cuivre noirci à l'intérieur, portant à l'une de ses extrémités un diaphragme, et à l'autre une plaque de sélénium, reliée avec une pile et un galvanomètre Thomson. On place d'abord l'étalon à une distance connue D de la plaque de sélénium, et l'on observe la déviation du galvanomètre ; on place ensuite la source à une distance D', telle que la déviation soit la même. Si I et I' sont les éclats intrinsèques de l'étalon et de la source, on a, d'après la règle ordinaire de la photométrie :

$$\frac{I}{I'} = \frac{D^2}{D'^2}.$$

M. Gimé a imaginé également plusieurs dispositions fondées sur les propriétes du sélénium ; mais la précédente est la plus simple et la plus précise.

PHOTOMÈTRE MAGNÉTIQUE. — Appareil servant à mesurer les intensités lumineuses et imaginé par M. Raimond Coulon. C'est une sorte de radiomètre, formé d'un globe de verre dans lequel on a fait le vide, et qui renferme une aiguille aimantée, mobile sur un pivot et portant à ses extrémités deux disques de mica noircis sur une face. Lorsqu'un rayon lumineux vient frapper les deux disques, l'aiguille s'écarte de sa position d'équilibre. On gradue empiriquement. M. Coulon a donné à son photomètre plusieurs formes un peu différentes.

PHOTOMÉTRIE. — La photométrie est l'ensemble des méthodes qui permettent de comparer les éclats intrinsèques des foyers lumineux. Nous ne pouvons traiter en détail cette question, qui est à peu près complètement étrangère à l'électricité. On trouvera dans les deux articles précédents la description des méthodes photométriques qui emploient des appareils électriques ou magnétiques.

Unités et étalons photométriques. — M. Violle a fait adopter par la Conférence internationale de 1884 les unités suivantes :

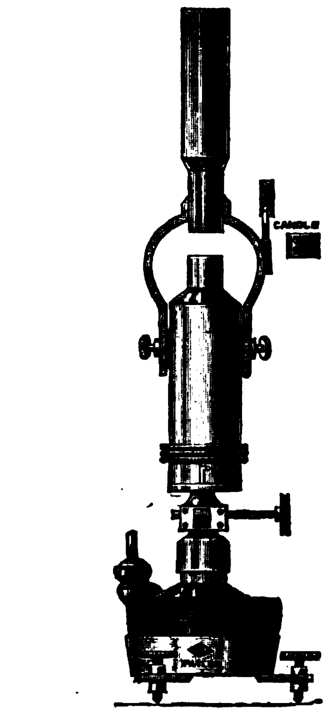


Fig. 688. — Lampe-étalon au pentane (Woodhouse et Rawson).

L'unité de chaque lumière simple est la quantité de cette lumière émise normalement par un centimètre carré de platine à la température de fusion.

L'unité pratique de lumière blanche est la quantité de lumière blanche émise dans les mêmes conditions.

Cette unité pratique n'est pas d'un emploi commode et ne peut servir qu'à étalonner des brûleurs qui seront ensuite employés pour comparer les différentes sources.

Divers étalons de lumière ont été proposés pour les applications industrielles. M. Hefner-Alteneck se sert de la flamme produite par une mèche saturée d'acétate d'amyle. Ce corps se prépare en distillant deux parties d'acétate

de potasse avec une partie d'alcool amylique et une partie d'acide sulfurique.

M. Vernon-Harcourt emploie une lampe (fig. 688), dans laquelle on brûle des vapeurs de *pentane*, carbure d'hydrogène extrait du pétrole. Cette substance donne, dit-on, une lumière d'une fixité et d'une constance exceptionnelles.

PHOTOPHONE. — Appareil destiné à transmettre les sons en faisant agir un rayon lumineux sur un fragment de sélénium pour faire varier sa résistance (Voy. Sélénium).

Le photophone a été imaginé par MM. Bell et Tainter. Il se compose d'une embouchure A (fig. 689), fermée à la partie supérieure par un miroir métallique mince, ou une plaque de verre formant miroir, monté à la façon des diaphragmes de téléphone. Un faisceau lumineux, concentré sur ce miroir par la lentille B, est ensuite rendu parallèle par la lentille C et vient tomber sur le récepteur de selénium E, placé au foyer du réflecteur D, et intercalé dans un circuit qui contient une pile F et un téléphone G. Lorsqu'on parle en A, le miroir vibre : il en résulte en E des changements d'intensité lumineuse, qui font varier rapidement la résistance du sélénium. Ces variations correspondent exactement aux vibrations du transmetteur et la parole est reproduite par le téléphone G.

Le récepteur de sélénium doit avoir une surface aussi grande que possible, tout en présentant une résistance électrique assez faible. MM. Bell et Tainter ont adopté la forme plane ou cylindrique. Les récepteurs plans sont formés de deux plaques de cuivre séparées par du mica : la plaque supérieure est criblée de trous

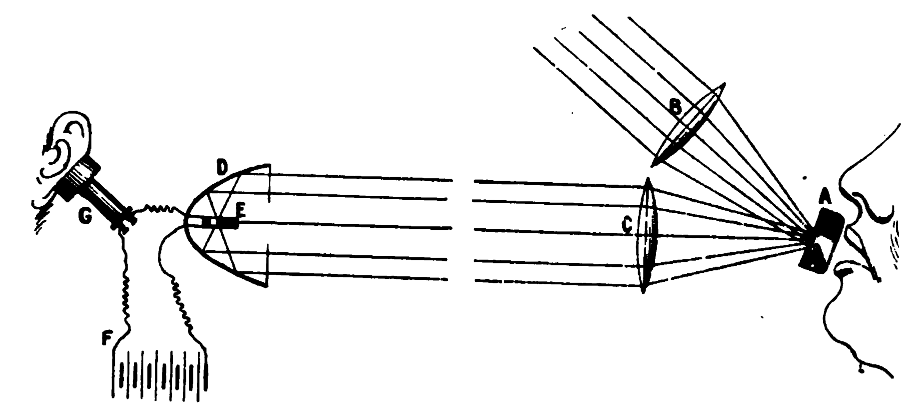


Fig. 689. — Photophone. (*La lumière électrique.*)

coniques et la plaque inférieure porte des pointes qui pénètrent dans ces trous sans toucher les bords. Tous les espaces annulaires compris entre les pointes et les bords des trous sont remplis de sélénium. Le courant passe de la plaque inférieure à la plaque supérieure en traversant tous les anneaux de sélénium.

La résistance de cet appareil est 300 ohms dans l'obscurité et 150 à la lumière.

Les récepteurs cylindriques se composent d'une pile de disques de cuivre séparés par des disques de mica un peu plus petits.

Les sillons annulaires produits par le mica sont remplis de sélénium. Les disques pairs de cuivre communiquent avec l'un des pôles de la pile, les disques impairs avec l'autre. Les couches de sélénium se trouvent ainsi toutes en dérivation. La résistance est 1200 ohms dans l'obscurité et 600 à la lumière. Les récepteurs plans s'emploient quand le faisceau lumineux est bien cylindrique, les autres, quand il est très large ou un peu dispersé, ce qui est le cas le plus ordinaire. On fait alors usage du réflecteur D, qui est inutile dans le premier cas.

M. Siemens a employé des récepteurs en forme de grille et de spirale.

PHOTOPHONIE. — Production du son par l'action des rayons lumineux. Les premiers travaux sur ce sujet furent publiés en 1880 par MM. G. Bell et Tainter. M. Mercadier a montré que cette production est due en réalité à l'action calorifique des rayons, et il a proposé de désigner ces phénomènes sous le nom de *radiophonie*, qui est adopté maintenant.

PHOTOPHORE ÉLECTRIQUE. — Petit appareil imaginé par MM. Hélot et Trouvé, pour servir à l'éclairage du microscope, à la photographie microscopique, ou encore pour éclairer

un bocal contenant de très petits animaux, à mesure qu'on les étudie à la loupe.

Le photophore (fig. 690) est formé d'une petite lampe à incandescence, placée dans un tube cylindrique fermé au fond p… concave et en avant par une le… gente.

La lumière réfractée par la lent…

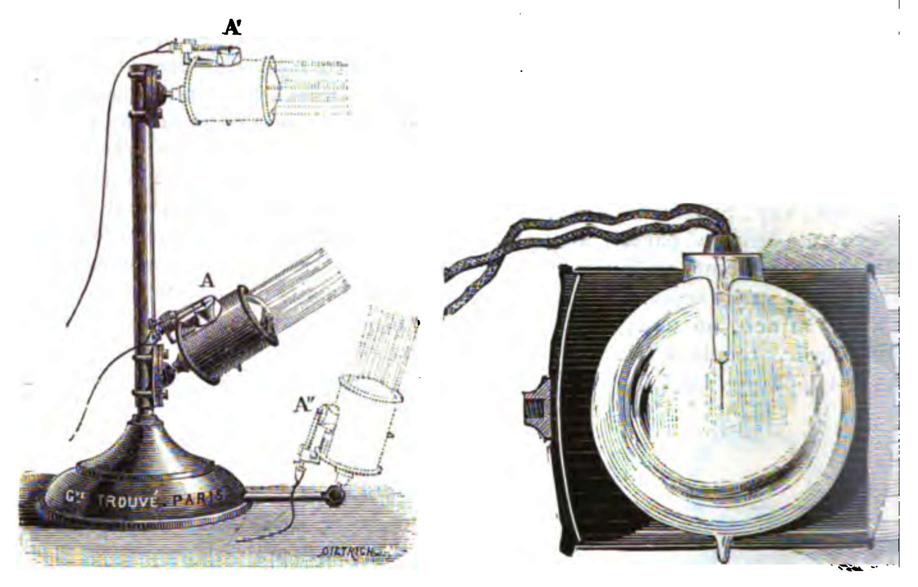


Fig. 690. — Photophore Hélot et Trouvé.

faisceau parallèle à l'aide duquel on peut illuminer très vivement la préparation qu'on veut examiner ou disséquer. Le petit volume de cet appareil et la facilité avec laquelle on peut le fixer à différentes hauteurs A, A' A'' sur son support et l'orienter dans toutes les directions le rendent extrêmement commode.

Photophore frontal. — On utilise en médecine le même appareil (fig. 691), fixé sur … l'aide d'un bandeau et articulé pour … tourner dans toutes les directions … manière, les deux mains de l'opér… tent libres. On peut aussi fixer … ment sur un manche.

Fig. 691. — Photophore frontal (Trouvé).

La figure 692 représente un … analogue construit par M. Charl… peut également être placé sur l… fixé sur un manche.

PHOTOSCOPE. — Voy. Con… L'ÉCLAIRAGE DES DISQUES.

PHOTOTÉLÉGRAPHE. — Télé… imprime par l'action de la lumi…

PHOTOTHERMOMÈTRE ÉLEC… — Thermomètre enregistreur … lectricité et dans lequel les … sont fournies par une lampe à … cence qui éclaire un thermomè… devant un cylindre recouvert … sensible. Le papier est protég… partie de sa hauteur par l'ombr… cure, ce qui indique la tempéra…

Cet instrument a été appliqué à … mination de la température de la mer … des profondeurs. Il est alors enfermé … boîte de fonte contenant au fond de … dans lequel plonge le réservoir du therm…

L'axe du cylindre porte une roue dentée qui engrène avec un cliquet fixé à l'armature d'un électro-aimant. On descend la boîte à l'aide d'un câble à la profondeur voulue, on laisse l'appareil prendre la température de l'eau, puis on lance le courant d'une pile, au moyen d'un commutateur, dans la lampe à incandescence et dans l'électro-aimant. Celui-ci attire son armature et le cliquet fait avancer un peu la roue dentée, de sorte que la lumière agit sur une partie du papier non encore impressionnée. On ouvre alors le circuit, et l'appareil est prêt pour une nouvelle expérience.

PIANO ÉLECTRIQUE. — On donne quelquefois ce nom aux instruments tels que le mélographe (Voy. ce mot) de M. Carpentier. Mais il convient mieux à un instrument récemment maginé par le capitaine L. de Place et dans lequel les sons persistent tant qu'on appuie sur les touches. Nous ne pouvons indiquer que le principe de cet appareil, la construction n'étant pas encore terminée. Au-dessus des cordes de chaque note est disposé un petit électro-aimant vertical auquel les cordes servent d'armature. La touche correspondante sert d'interrupteur, et le tout fonctionne comme une sonnerie trembleuse.

Les touches ordinaires ne sont pas modifiées, mais au-dessous de chacune d'elles est fixé un petit fil de platine, qui vient, lorsqu'on appuie, plonger dans un godet de mercure relié au pôle positif d'une pile. Au-dessous de chaque corde



Fig. 692. — Photophore frontal (Chardin).

se trouve un petit contact formé d'un ressort spiral en platine en communication avec l'interrupteur correspondant; l'autre extrémité de la corde est reliée au fil de l'électro-aimant et tous les électros communiquent par un fil de retour commun avec le pôle négatif. Les cordes de cuivre sont munies d'un manchon de fer soudé au droit de l'électro-aimant.

Lorsqu'on appuie sur une touche, le courant arrive aux trois ressorts de platine correspondants, passe dans les cordes, dans l'électro et revient à la pile. Mais, l'électro attirant les cordes, le courant est interrompu au contact des ressorts. Les cordes sont ainsi mises en vibration comme l'armature d'une sonnerie trembleuse, et la vibration persiste tant qu'on appuie sur la touche interrupteur. Les sons obtenus sont ceux de la contrebasse, du violoncelle et du violon, suivant les cordes.

PIANO-SIRÈNE. — Voy. Sirène.

PIÉZO-ÉLECTRICITÉ. — Production d'électricité dans certains cristaux, tels que le quartz, lorsqu'on exerce sur eux une pression plus ou moins forte. Cette propriété est utilisée pour la construction d'une pile-étalon.

PILE ÉLECTRIQUE. — Appareil produisant de l'électricité à l'aide des actions chimiques, calorifiques ou lumineuses, d'où les dénominations de piles *hydro-électriques*, *thermo-électriques* et *photo-électriques*. Les *piles secondaires* ou *accumulateurs* (Voy. ce mot) restituent sous forme de courant l'énergie chimique que leur a fournie un courant primaire. Le mot pile provient de la forme donnée par Volta au premier appareil de ce genre.

Nous avons rejeté à la fin de cet article la description des piles qui, sans différer des autres par leur principe, présentent des dispositions particulières, appropriées aux usages auxquels on les destine.

Piles hydro-électriques.

Conservation de l'énergie dans les piles. — Galvani ayant observé accidentellement en 1786 qu'une grenouille, préparée comme pour les expériences de physiologie, éprouve des commotions lorsqu'on réunit ses muscles et ses nerfs par un arc de deux métaux différents (fer et cuivre), attribua ces commotions à un dégagement d'électricité produit dans l'organisme de la grenouille par les phénomènes vitaux. Volta au contraire attribua l'électricité au contact des métaux, et fut amené à formuler les lois importantes que le lecteur trouvera à l'article ÉLECTRICITÉ DE CONTACT.

Il reconnut l'impossibilité d'obtenir un dégagement continu d'électricité par le simple contact des métaux, ce qui est conforme au principe de la conservation de l'énergie. C'est en effet un principe admis aujourd'hui qu'on ne peut jamais créer une certaine quantité d'énergie sans en dépenser une quantité équivalente. Volta ne pouvait connaître ce principe : il remarqua cependant qu'une chaîne continue de métaux ne donnait pas d'électricité, et fut amené par là à intercaler dans cette chaîne des lames de drap imbibées d'eau acidulée. Il constitua ainsi un appareil désigné, à cause de sa forme, sous le nom de *pile de Volta.*

Piles à un liquide. — *Pile de Volta; théorie chimique de la pile.* — La pile de Volta se compose d'une série de disques de zinc et de cuivre qu'on soude généralement deux à deux pour faciliter le montage de l'appareil. Pour s'en servir, on superpose ces disques
tous dans le même sens sur un
(fig. 693), et les séparant par des
drap imbibé d'eau acidulée : trois
verre maintiennent la pile en

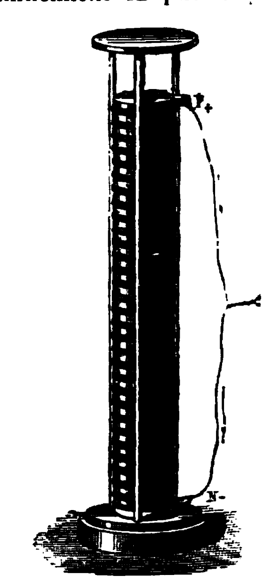


Fig. 693. — Pile de Volta.

série zinc, drap mouillé et cuivre
qu'on appelle un *couple* ou un *élément*
extrémités se nomment les pôles

Quoique Volta ait expliqué par le
contact la production de l'électri
pile, en considérant l'eau acidulée
vant seulement de conducteur pour
à l'autre les différents couples, le
conservation de l'énergie conduit,
venons de le voir, à rejeter cette
pour adopter de préférence celle
sée vers la même époque par Fabr
tribue à l'action chimique de l'a
métaux l'origine de la force électro

Dans cette hypothèse, l'action d
dulée sur le zinc, qui transforme
celui-ci en sulfate avec dégagement
gène, fait naître, entre le métal at
liquide, une *force électromotrice*
rence de potentiel qui, d'après le
Volta, ne dépend que de la nature
corps et nullement de leur état
de leurs dimensions. Le liquide pre
tiel le plus élevé.

Appliquons cette théorie à la pile
Prenons par exemple trois éléments
sons que le premier zinc, placé à la
rieure, communique avec le sol.

chaque zinc avec l'eau acidulée se produit une différence de potentiel constante, soit a, tandis que le contact du liquide avec le cuivre ne donne aucune différence, puisqu'il n'y a pas d'action chimique. L'état de la pile peut donc se représenter comme il suit :

	1er couple.			2e couple.			3e couple.		
	Zn	Eau acid.	Cu	Zn	Eau acid.	Cu	Zn	Eau acid.	Cu
Potentiels.	0	a	a	a	$2a$	$2a$	$2a$	$3a$	$3a$

Le même raisonnement peut s'appliquer à un nombre quelconque d'éléments et montre que la différence de potentiel des deux pôles est proportionnelle au nombre des éléments.

Il en serait de même si la pile était restée parfaitement isolée au lieu de communiquer avec le sol, puisque cette différence est indépendante de l'état électrique du premier zinc; mais il est évident, par raison de symétrie, que les deux pôles doivent prendre alors des potentiels égaux et contraires. Le pôle cuivre, qui a le potentiel le plus élevé, est appelé pôle positif, le zinc pôle négatif.

Autres piles à un liquide. — Outre les inconvénients communs à toutes les piles à un liquide, et que nous signalerons plus loin, la pile de Volta en présentait d'autres qui proviennent de sa forme. Elle était longue à monter; on ne pouvait donner aux disques une grande surface, ce qui augmentait leur résistance; enfin le poids des disques exprimait le liquide, qui coulait le long de la pile et mettait en communication les différents couples, ce qui diminuait la somme des forces électromotrices. Ces défauts firent remplacer bientôt la pile de Volta par d'autres dispositions, dont voici les principales :

La *pile à auge* (fig. 694) n'est autre que la pile de Volta renversée. Les doubles lames zinc et cuivre, verticales, sont disposées parallèlement dans une auge rectangulaire et mastiquées dans les parois de manière à laisser entre elles de petits compartiments séparés. Il suffit de remplir d'eau acidulée toutes ces petites cases lorsqu'on veut se servir de l'appareil.

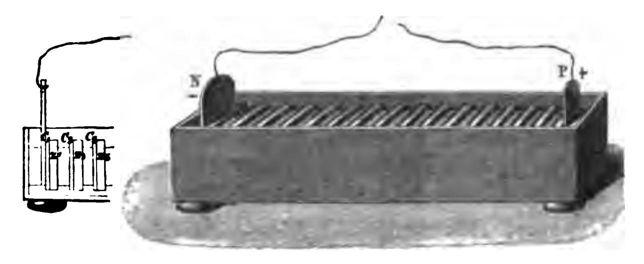


Fig. 694. — Pile à auge.

La *pile à couronne* ou à *tasses* (fig. 696) est une des formes les plus simples. Chaque élément est formé de deux lames, l'une de cuivre, l'autre de zinc, plongeant dans un vase plein d'eau acidulée. Chaque lame se recourbe pour se souder à la lame de nom contraire de l'élément voisin.

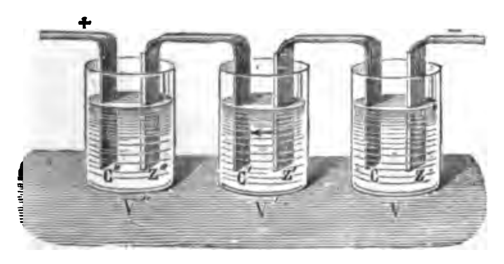


Fig. 695. — Pile à couronne.

Dans la *pile de Wollaston* (fig. 696) le cuivre de chaque couple entoure complètement les deux faces du zinc, ce qui double pour ainsi dire la surface de l'élément et par suite diminue sa résistance. Toutes les lames sont suspendues à une traverse de bois qui permet de les plonger en même temps dans les bocaux et de les retirer instantanément quand on ne se sert plus de l'appareil.

La pile de Wollaston a été modifiée par Münch, qui a disposé tous les couples horizontalement sur un cadre de bois rectangulaire : on immerge le tout à la fois dans *une seule* auge, et l'on a un courant énergique, mais qui s'affaiblit très vite.

Une modification de la pile de Volta, la pile de Pulvermacher (Voy. CHAINE GALVANIQUE) est encore employée en médecine, mais fort rarement.

Emploi du zinc amalgamé. — Les modèles précédents ne sont plus employés depuis longtemps, à cause de leur rapide polarisation (Voy. ce mot), qui a pour résultat d'affaiblir très vite l'intensité du courant qu'elles produisent. Avant

de décrire les modèles en usage aujourd'hui, remarquons qu'un premier perfectionnement consiste dans l'emploi du zinc amalgamé. Si l'on monte une pile avec du zinc pur, le métal n'est attaqué que lorsqu'on réunit les pôles pour obtenir un courant; mais, lorsque l... fonctionne pas, l'action continue ... jusqu'à ce que les deux pôles aient ... différence constante de potentiel ... ensuite tant qu'on laisse le circu...

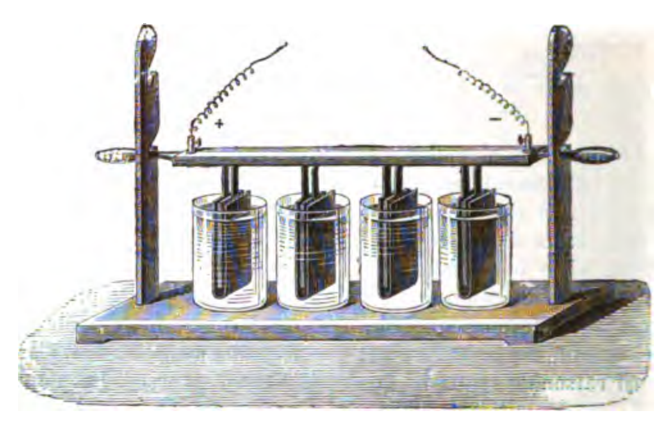


Fig. 696. — Pile de Wollaston.

n'en est pas de même avec le zinc du commerce : les impuretés et notamment le plomb qu'il contient forment avec lui de petits couples locaux qui sont toujours fermés, même lorsque le circuit est ouvert : les courants produits par ces petits éléments ne profitent ... rant principal, et l'action chimique ... donne naissance a le double inconvé... le zinc très rapidement et de transfo... acidulée en sulfate, ce qui altère ...



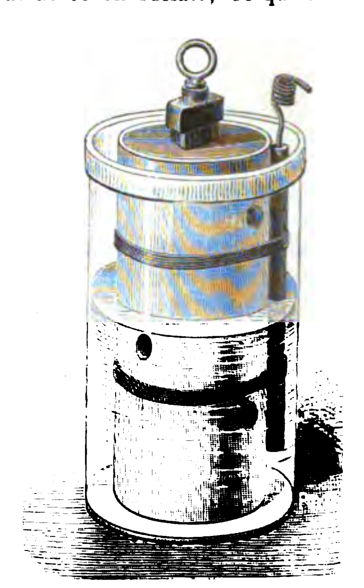


Fig. 697. — Pile Maiche.

constance de l'appareil. D'autre part, le zinc pur n'est pas assez commun pour être employé dans les piles : mais on obtient le même résultat en se servant de zinc amalgamé, qui reste également inattaqué lorsque la pile est ouverte. Cette modification s'applique égal... les modèles de piles.

Piles à électrodes positives platinées ... se sert encore aujourd'hui d'un cert... de modèles analogues à la pile de ...

quels l'électrode positive est recouverte de platine pulvérulent, ce qui facilite ;ement de l'hydrogène et diminue beau- polarisation.

mée. — Cette pile est formée d'une lame . platiné (pôle +), suspendue entre deux de zinc (pôle —) dans l'eau acidulée. employée en Angleterre pour la galva- ie.

'yer. — L'électrode positive est encore nt platiné; le pôle négatif est formé de .le zinc, plongeant dans une petite quan- mercure, qui les maintient amalgamés. e de cuivre entourée de gutta-percha est ée par une boule de zinc nue qui plonge ; mercure pour servir d'électrode.

Ebner. — Ce modèle diffère du précédent substitution d'une lame de plomb platiné me d'argent.

Walker. — La pile Walker est formée lame de zinc amalgamé suspendue entre lames de charbon de cornue platiné. c plonge par la base dans une petite cu- le gutta contenant quelques gouttes de ıre.

Maiche. — Cette pile a pour électrode po- des morceaux de coke platiné, placés à rtie supérieure dans un vase poreux percé rges trous et reliés à l'une des bornes par . de platine (fig. 697). Une tige d'ébonite rse ce vase et porte une soucoupe de por- ne contenant un peu de mercure et des dé- le zinc : c'est l'électrode négative. Un fil de ne, passant dans l'intérieur du tube d'ébo- | relie le zinc à l'autre borne. Le liquide ex- eur est une solution presque saturée de chydrate d'ammoniaque. La figure montre utre un autre modèle de cette pile, qui est i d'un crayon de zinc ; le vase poreux des- l jusqu'au fond. Cette pile est très cons- e et ne demande pas d'entretien. Elle est uemment employée dans les télégraphes.

les à deux liquides. — Le meilleur procédé · empêcher la polarisation et rendre le cou- constant consiste dans l'interposition d'un nd liquide, capable d'absorber l'hydrogène.

le Daniell. — Daniell a obtenu la première parfaitement constante par l'emploi du sul- de cuivre. On dispose ordinairement la de Daniell de la manière suivante. Un vase erre ou de grès (fig. 698) renferme l'eau ılée, dans laquelle plonge un cylindre de amalgamé qui forme le pôle négatif. Au re est un vase poreux rempli d'une disso- on saturée de sulfate de cuivre; on y place une lame de cuivre : c'est le pôle positi courant décompose le sulfate de cuivre : le vre se dépose sur la lame positive, et le cal SO^4 se dirige vers le pôle négatif; il ren tre l'hydrogène provenant de l'eau acidul



Fig. 698. — Pile de Daniell.

reforme avec lui de l'acide sulfurique. Le v poreux permet une communication suffisa entre les liquides sans les laisser se mélang La dissolution de sulfate de cuivre s'épuise r pidement : pour la maintenir saturée, on ajo

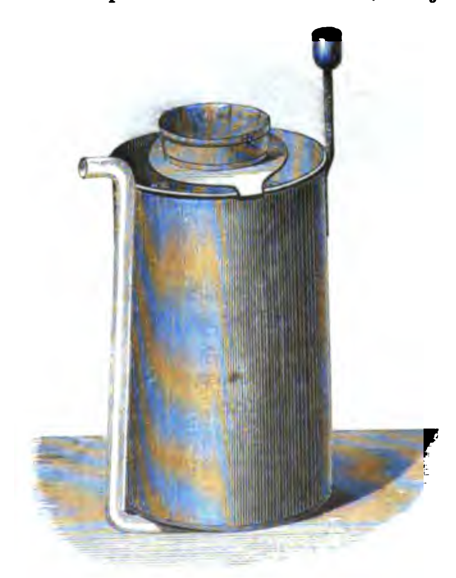


Fig. 699. — Pile de Daniell (modèle primitif).

de temps en temps dans le vase poreux cristaux de ce sel.

On voit que cette disposition évite le d gement d'hydrogène et supprime par co quent la polarisation des électrodes.

A l'origine, Daniell plaçait le zinc et l'eau dulée dans le vase poreux, qui était en par

min. Le sulfate de zinc formé tombait au fond et s'écoulait par le siphon de verre qu'on voit à gauche (fig. 699). L'acide frais était versé goutte à goutte par le haut à l'aide d'un entonnoir. Le vase extérieur, qui était en cuivre, recevait le sulfate de cuivre. Une petite coupe à mercure, qu'on voit à droite, tenait lieu de vis d'attache pour le pôle positif. Cette figure a été dessinée d'après les modèles originaux conservés à King's College, où Daniell fut professeur de 1831 à 1845.

La figure 700 représente un autre modèle dont le vase poreux est surmonté d'un ballon renversé, rempli de cristaux de sulfate de cuivre. Quand la dissolution de sulfate s'appauvrit, elle devient plus légère et s'élève dans le ballon, tandis que le liquide saturé vient prendre sa place.

La pile de Daniell n'a qu'une force électromotrice peu élevée; de plus elle ne peut rester montée à circuit ouvert; les liquides se mélangent à travers le vase poreux et du cuivre se dépose sur le zinc. Malgré ces défauts, cette pile est souvent employée, ainsi que ses diverses modifications, à cause de sa parfaite constance.

On obtient encore de meilleurs résultats, au point de vue de la constance, en remplaçant l'eau acidulée par du sulfate de zinc; mais on augmente un peu la résistance.

Pile Callaud. — La pile de Daniell peut recevoir encore bien d'autres formes : les plus intéressantes et les meilleures sont les piles de densité, dans lesquelles on a supprimé le vase poreux et superposé les deux liquides par ordre de densité; la suppression du vase poreux diminue beaucoup la résistance de l'appareil.



Fig. 700. — Pile Daniell à ballon.

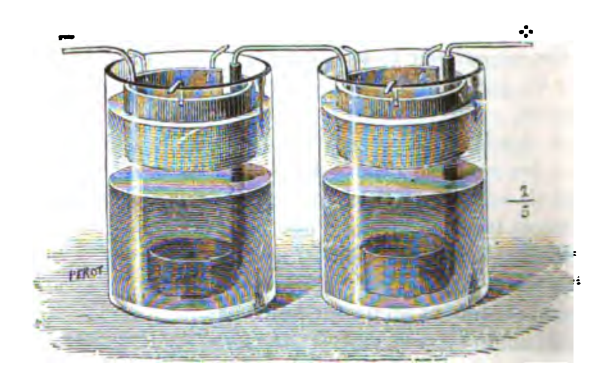


Fig. 701. — Pile de Callaud.

Telle est par exemple la pile de Callaud, très employée dans les télégraphes. La figure 701 représente le modèle en usage à la Compagnie du chemin de fer d'Orléans. La partie inférieure d'un vase de verre est remplie d'une solution saturée de sulfate de cuivre, au-dessus de laquelle on a versé avec précaution de l'eau acidulée. Un anneau de cuivre, placé au fond du vase, forme le pôle positif et communique avec l'extérieur par un fil de même métal, qu'un tube de verre isole de l'eau acidulée. Le cylindre de zinc qui plonge dans cette eau est suspendu au bord du vase par des crochets.

Pile Meidinger. — C'est une modification de la pile de Callaud, formée de deux vases de verre A et *d* (fig. 702). Le second renferme la solution de sulfate de cuivre, maintenue saturée par les cristaux placés dans l'entonnoir *b*, et la lame de cuivre *e*, qui se termine par une tige *g*, entourée de gutta-percha. Le vase extérieur est rempli d'eau pure; il contient le zinc Z, qui s'appuie directement sur le vase de verre A, au point où il se rétrécit.

Pile Cabaret. — C'est encore une modification de la pile Callaud, d'un entretien très facile. Le pôle positif (fig. 703) est un cylindre de plomb, verni dans sa partie supérieure; on le remplit de cristaux de sulfate de cuivre, qu'on peut renouveler facilement. Ce cylindre est fendu à la base. On peut charger l'appareil en versant de l'eau pure jusque vers le haut. La solution de sulfate de cuivre qui se forme reste au fond et le zinc se trouve entouré d'eau pure, au lieu d'eau acidulée. On peut aussi mettre de l'eau acidulée, comme dans la pile Callaud. Cette pile est employée dans le service télégraphique des chemins de fer de l'Est.

ˀhomson. — L'une des meilleures formes ɔile de sir W. Thomson (fig. 704). Une de cuivre ou de plomb est placée hori-

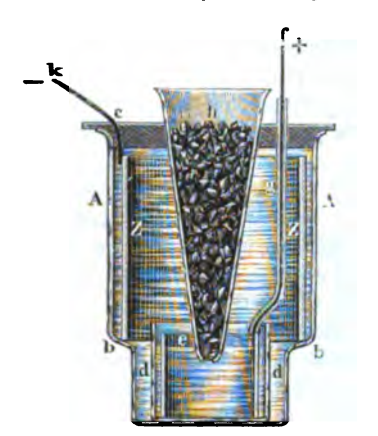


Fig. 702. — Pile Meidinger.

lement au fond d'une cuve de verre ou de ·laine, et recouverte d'une solution de sul- le cuivre, dans laquelle on place des cris-

taux du même sel. On verse l'eau acidul dessus; le zinc, en forme de grille, es par quatre cubes en porcelaine, fixés au



Fig. 703. — Pile Cabaret.

tre coins de la cuve. On peut superposer f ment un certain nombre d'éléments; cl plaque positive porte une queue recourbé



Fig. 704. — Pile W. Thomson.

nt s'appuyer par pression sur le zinc de .ément placé au-dessous.

.e second élément est un modèle de démonstion. Le zinc est suspendu par des crochets. siphon enlève le sulfate de zinc; on ajoute l'eau acidulée par le haut. Un tube central maintenu garni de cristaux de sulfate de ivre. Avec cette disposition, le sulfate de cuie parvient difficilement jusqu'au zinc.

Pile Minotto. — Elle est analogue à la précénte, mais l'eau acidulée est remplacée par l'eau pure. On recouvre la plaque de cuivre une couche épaisse de cristaux de sulfate de ivre, puis de sable fin, sur lequel on pose .e plaque de zinc assez épaisse. Enfin on verse de l'eau en quantité suffisante pour imbil face inférieure du zinc.

Pile Siemens et Halske. — Elle est analogu piles de densité qui précèdent, mais un phragme est introduit entre les deux liq ce qui augmente beaucoup la résistanc fond du vase A (fig. 705) est une soluti sulfate de cuivre, maintenue saturée p cristaux qu'on ajoute dans le tube de ve Le pôle positif est une spirale de cuivre *k*. un disque de pâte de papier comprimée gneusement lavée à l'acide sulfurique s diaphragme. Le zinc Z, terminé par un de cuivre *b*, repose sur ce diaphragme.

Pile Reynier. — L'eau acidulée est rem

par une solution de soude caustique. On diminue la résistance de cette solution et celle du sulfate de cuivre par l'addition de sels convenablement choisis, par exemple en ajoutant à la solution de soude du sulfate de fer et du perchlorure de fer.

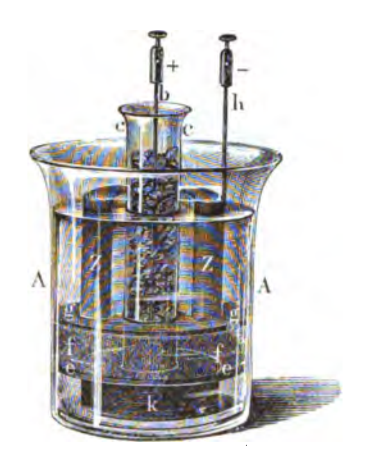
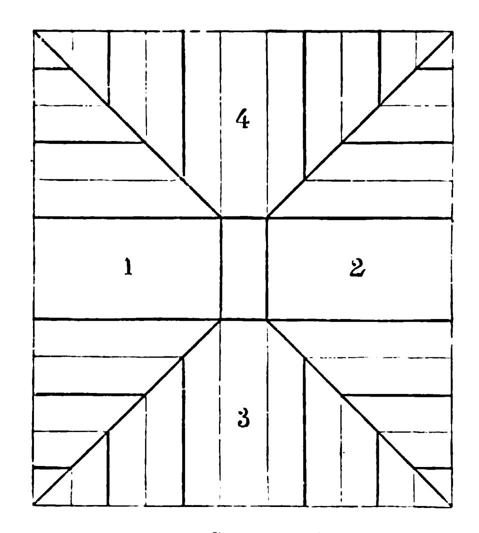


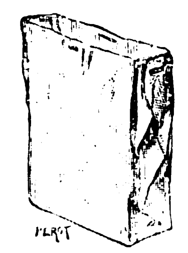
Fig. 705. — Pile Siemens et Halske (de Berlin).

D'autre part, on réduit notablement la résistance de la cloison poreuse en employant du papier parcheminé, dont on peut d'ailleurs superposer plusieurs feuilles, si l'on veut modérer sa perméabilité. Ces vases sont prismatiques : on peut les obtenir, sans collage ni couture, en pliant la feuille suivant le tracé (fig. 706) ; les traits forts représentent les plis creux, et les traits fins les plis saillants; les chiffres indiquent les quatre faces latérales. Les plis sont ensuite appliqués et agrafés sur les faces qui doivent être peu ou point perméables. Le zinc et le cuivre avec leurs queues sont découpés dans des feuilles laminées du commerce. Le cuivre est à l'intérieur (fig. 707).

Cette pile a une force électromotrice égale à 1,35 volt environ : elle donne des effets énergiques.

Pile Marié-Davy. — C'est une pile de Daniell dont le sulfate de cuivre est remplacé par du sulfate mercurique, et le pôle cuivre par une plaque de charbon de cornue (fig. 708).




Fig. 706. — Construction des vases poreux.

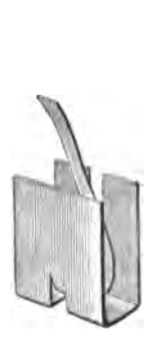
Le sulfate mercurique, étant peu soluble, dépolarise moins bien : il donne de l'oxygène, un sous-sulfate et du mercure.

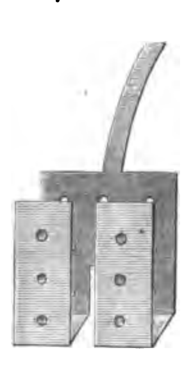
Pile Grove. — On a cherché depuis longtemps à réaliser des piles ayant une plus grande force électromotrice que celle de Daniell avec une dépolarisation presque aussi parfaite. Grove y est parvenu en remplaçant le sulfate de cuivre par de l'acide azotique; il a fallu supprimer aussi le pôle cuivre qui eût été attaqué. Grove lui substitua une lame de platine. Cette pile est donc constituée ainsi : zinc, eau acidulée, acide azotique, platine. Le courant décompose l'acide azotique en oxygène, qui se combine avec l'hydrogène, et vapeurs nitreuses, qui se dégagent.

Pile Bunsen. — Bunsen a remplacé la lame de platine par un pôle en charbon de cornue C (fig. 709), ce qui a rendu cette pile extrêmement pratique. Bien montée, elle reste constante assez longtemps. Le modèle que nous représentons est d'un entretien commode. Le zinc, dépourvu de queue, s'amalgame facilement. Les

contacts sont établis par des presses mobiles, et par suite faciles à nettoyer.

Pile Desruelles. — Un certain nombre d'inventeurs ont remplacé dans la pile de Bunsen l'acide azotique par diverses solutions renfermant du bichromate de potasse ou de soude. On évite ainsi l'odeur désagréable et nuisible des vapeurs nitreuses; la force électro-





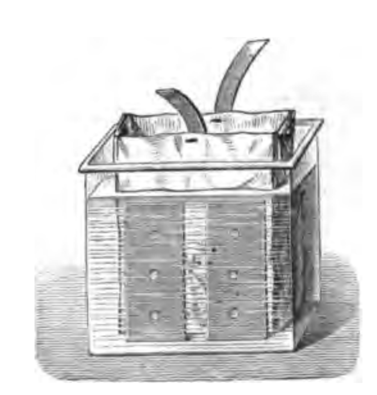


Fig. 707. — Pile Reynier.

motrice de ces éléments est d'environ 2 volts, et la résistance est assez faible.

Telles sont les piles employées par M. Desruelles en 1886 pour l'éclairage des wagons-restaurants des trains de Paris à Bruxelles. Le vase extérieur, de forme cubique, est en ébonite et garni sur ses parois intérieures de lames de charbon de cornue rainées.

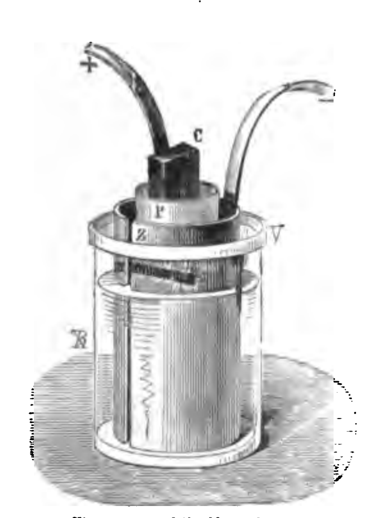


Fig. 708. — Pile Marié-Davy.

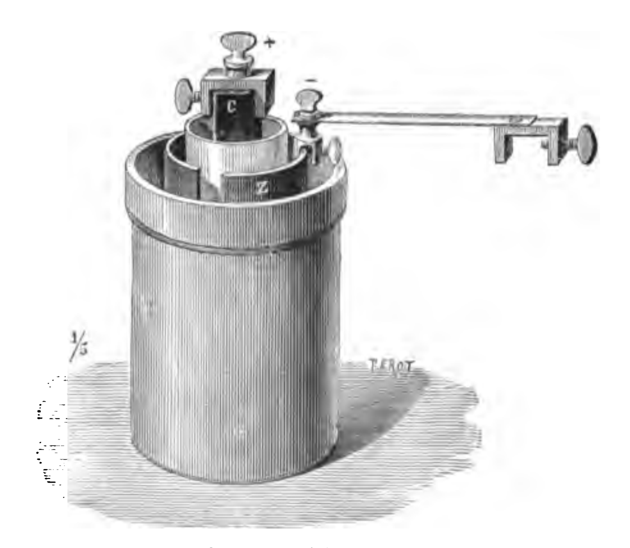


Fig. 709. — Pile Bunsen.

Il contient un mélange de

Eau	1000 gr.
Bichromate de soude	400
Acide sulfurique à 66°	400
Acide azotique à 36°	200

Ce vase est fermé par un couvercle qui maintient le vase poreux.

Celui-ci renferme quatre lames de zinc, amalgamées et frottées d'un mélange de graisse minérale et de mercure, et un liquide formé de

Eau	1000 gr.
Acide sulfurique à 66° traité par l'huile (voy. *Entretien des piles*).	380
Sulfate mercurique	10

Pile Fuller. — Le mélange de bichromate et d'acide sulfurique est placé dans le vase extérieur avec une plaque de charbon pourvue d'une tête métallique (fig. 710).

Le vase poreux renferme de l'eau et un crayon de zinc terminé par une] base élargie plongeant dans une petite quantité de mercure,

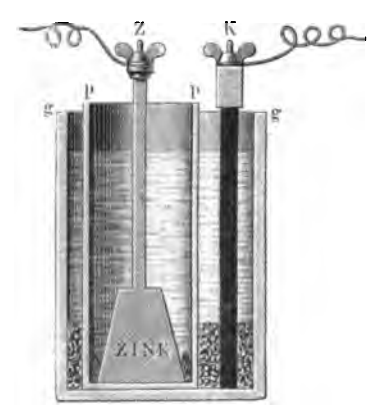


Fig. 710. — Pile Fuller.

qui maintient le zinc bien amalgamé, augmente la constance et diminue la résistance.

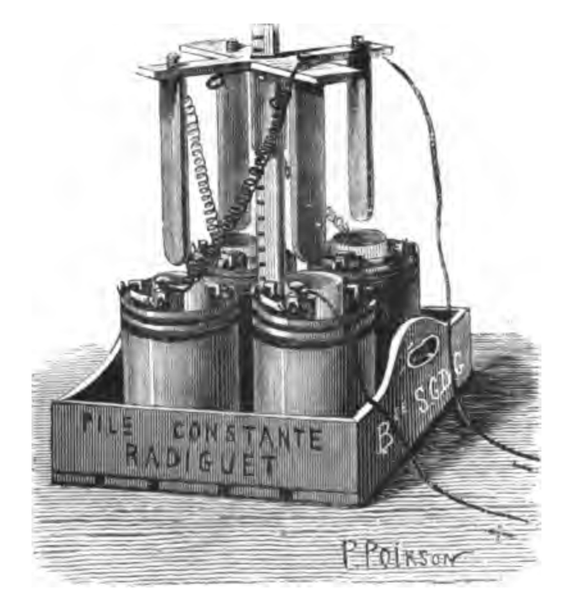
Cette pile est employée par le *General Post Office* de Londres, par plusieurs voies ferrées anglaises et plusieurs lignes sous-marines, notamment celle de Brest à Saint-Pierre et Miquelon. Sa force électromotrice est d'environ 2 volts.

Piles Radiguet. — M. Radiguet a imaginé plusieurs modèles de piles au bichromate.

Dans l'un (fig. 711) les charbons restent dans le bichromate quand la pile est au repos, mais les zincs peuvent être soulevés. Pour la pile de quatre éléments, les zincs sont fixés à un support glissant le long d'un montant vertical à crémaillère. Pour les batteries formées d'un plus grand nombre d'éléments, on fixe les zincs à un treuil.

L'auteur indique pour la charge de chaque élément de 15 centimètres de hauteur :

Vase extérieur.	Bichromate de potasse..	75 gr.
	1re mesure d'eau.......	265 cc.
	Acide sulfurique........	175 —
	2e mesure d'eau........	265 —
Vase poreux..	Eau....................	150 —
	Acide sulfuriq. au soufre.	265 —



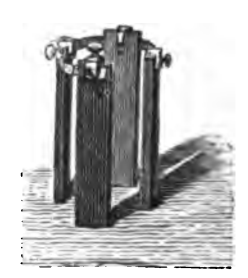


Fig. 711. — Pile Radiguet au bichromate de potasse.

Un autre modèle (fig. 712), destiné surtout à un emploi intermittent, sonneries, allumeur-extincteur, etc., contient dans le vase extérieur du bichromate de soude et un cylindre creux de charbon formant le pôle positif. Le vase poreux central renferme l'eau acidulée et le zinc.

La partie originale de cette pile consiste en ce que le zinc peut être employé d'une manière quelconque, sous forme de billes ou même de déchets quelconques. Ces morceaux de zinc sont placés sur un support métallique, communiquant avec une cuvette placée au-dessous et qui contient un amalgame destiné à entretenir le zinc en bon état. Notre figure représente à part ce support à amalgamer, dont on voit d'ailleurs l'extrémité au centre de la

pile. Le zinc dans ces conditions n'est pas attaqué à circuit ouvert, ce qui fait une économie notable et en même temps assure beaucoup plus

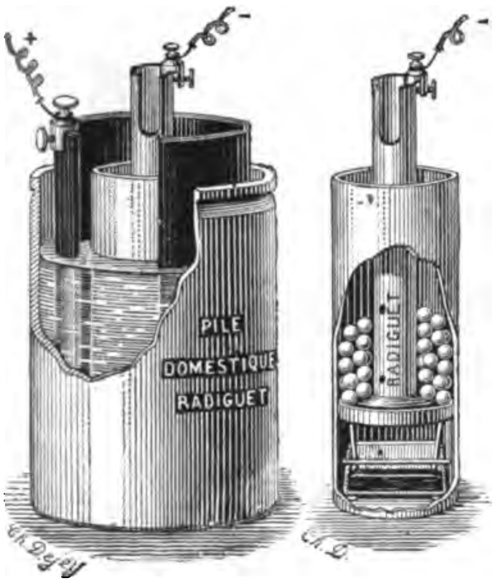


Fig. 712. — Pile domestique Radiguet.

longtemps la constance de l'appareil. Aussi peut-elle fournir un assez long service sans être rechargée. Lorsque l'intensité baisse, on change l'eau acidulée à l'aide d'un siphon; la charge de bichromate peut servir trois ou quatre fois plus longtemps.

Pile Delaurier. — La solution de bichromate ordinaire est remplacée par

Eau	1000	gr.
Bichromate de potasse	112,5	gr.
Acide sulfurique à 66°	225	gr.
Sulfate de soude	100	—
Sulfate ferreux	100	—

Ce liquide est placé dans le vase poreux, qui contient deux plaques de charbon réunies en quantité (fig. 713). Le vase extérieur reçoit un zinc non amalgamé et de l'eau ordinaire, qu'on acidule avec une petite quantité du liquide précédent. Cette pile est employée depuis plusieurs années, à la place de la pile Bunsen, dans les arsenaux, les écoles d'artillerie, les fonderies de canons; elle est appliquée d'une façon générale aux moteurs Lenoir et aux orgues électriques.

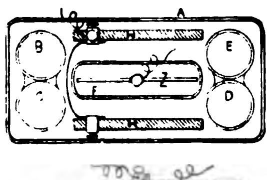
Pile Cloris-Baudet. — Ce modèle est monté au bichromate de potasse. Le vase poreux, qui est rectangulaire, reçoit un zinc plat (fig. 714). Le vase extérieur renferme deux lames de charbon, placées de chaque côté du vase poreux, et quatre vases BCDE; B et D sont percés de trous et remplis de cristaux de bichromate; C et E sont poreux et servent de réservoir à acide.

Pile à déversement de Radiguet. — Enfin M. Radiguet a cherché à assurer la constance



Fig. 713. — Pile Delaurier (Guérot).

des piles au bichromate en séparant complètement les liquides lorsqu'elles sont au repos, afin d'empêcher leur diffusion à travers le vase poreux. Pour cela l'eau acidulée est contenue



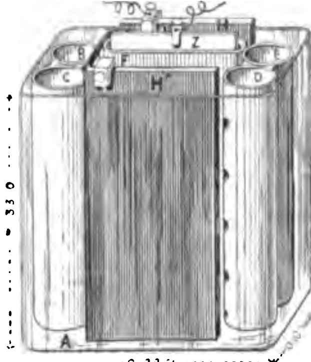


Fig. 714. — Pile Cloris-Baudet.

dans un vase FF' de forme compliquée, dont une moitié F' est vernie et l'autre F poreuse; dans cette dernière est fixé le zinc (fig. 715). Quand la pile fonctionne, le vase poreux F est

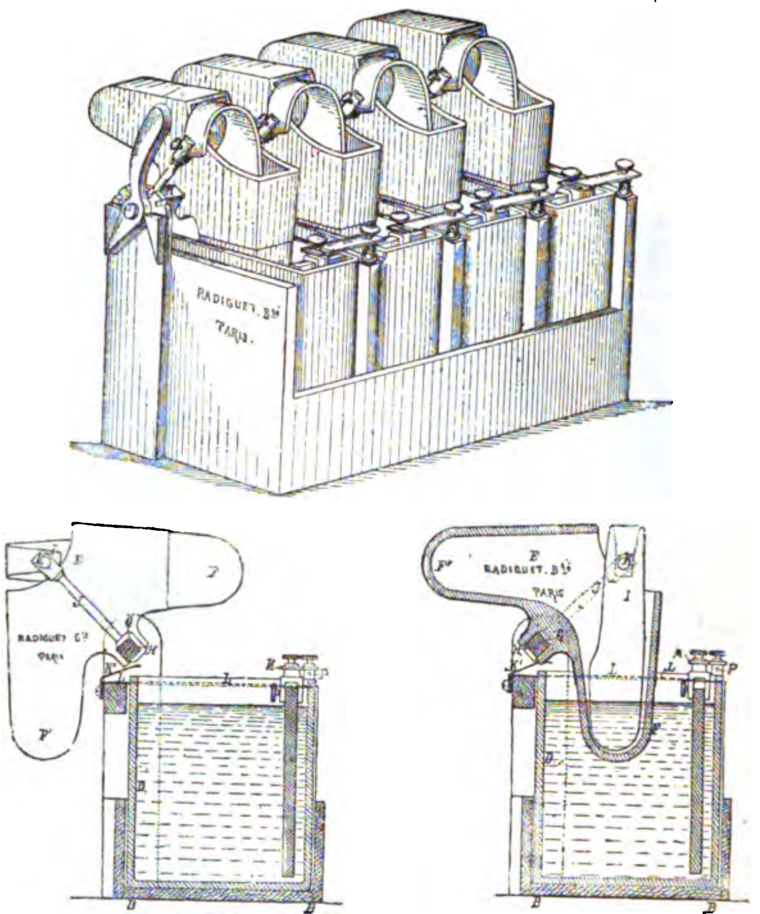


Fig. 715. — Pile à déversement de Radiguet.

rempli d'eau acidulée et plonge dans le bichromate. Lorsqu'on ne s'en sert plus, on fait basculer à la fois tous les vases poreux autour de leur axe commun : l'eau acidulée tombe dans la partie F' ; elle n'attaque donc plus le zinc et ne risque pas de se mélanger avec le bichromate à travers le vase poreux.

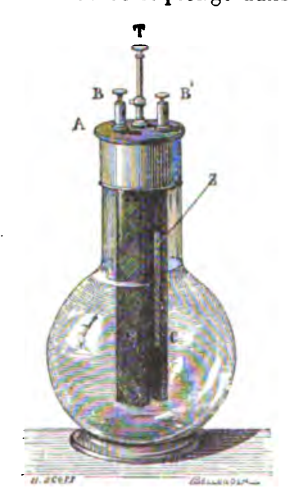


Fig. 716. — Pile bouteille de Grenet.

Piles dépolarisées à un seul liquide. — Il existe des piles dans lesquelles le dépolarisant est mélangé avec le liquide excitateur, s'il est lui-même liquide, ou fixé sur la surface de l'électrode positive, s'il est solide.

Piles au bichromate. — Telles sont les piles au bichromate de potasse ou de soude dans lesquelles, à l'inverse de celles déjà décrites, le bichromate est mélangé avec l'eau acidulée. Ces piles ont l'avantage de rester montées très longtemps, si l'on s'en sert peu, ou de fournir un grand débit pendant quelques heures, avec une intensité qui décroît faiblement et avec régularité.

L'une des formes les plus répandues est la *pile bouteille* (fig. 716) de Grenet.

Un flacon de verre contient une dissolution de bichromate de potasse additionnée d'acide sulfurique ; deux lames de charbon reliées ensemble et formant le pôle positif plongent constamment dans le liquide; une lame de zinc Z, placée entre les deux charbons CC, peut être immergée à volonté en appuyant sur la tige centrale.

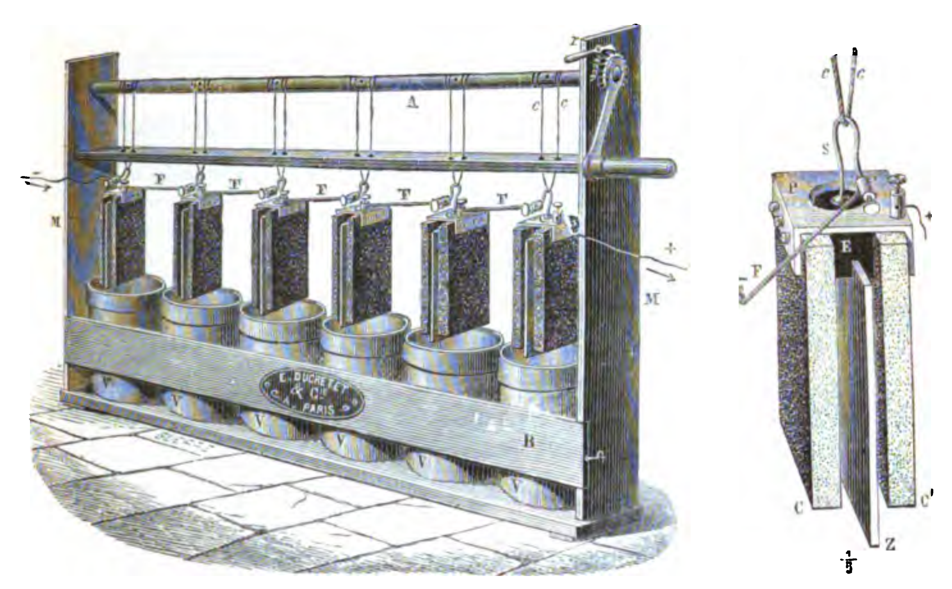


Fig. 717. — Grande pile au bichromate.

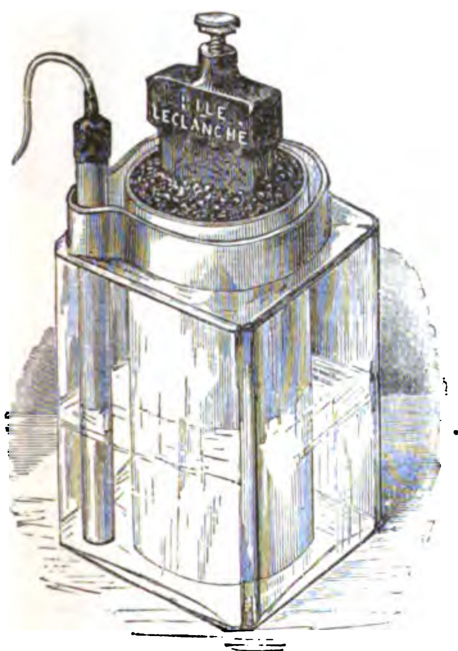


Fig. 718. — Pile Leclanché à vase poreux.

Pour les laboratoires, il est commode de fixer les lames zinc et charbon à une traverse de bois que fait mouvoir un treuil à rochet (fig. 717), ce qui permet de les plonger plus ou moins dans le bichromate contenu dans les vases de grès et de les retirer instantanément quand on ne se sert plus de l'appareil.

Pile Leclanché. — Le liquide actif de cette pile est une dissolution de sel ammoniac; le zinc sert encore de pôle négatif et le charbon de pôle positif. La substance dépolarisante est du bioxyde de manganèse mélangé avec de petits fragments de coke. Le vase poreux, qu'on se procure tout préparé, est complètement rempli par le charbon positif et par ce mélange solide. Le zinc a la forme d'un bâton cylindrique qu'on place dans un des coins du vase de verre disposé à cet effet (fig. 718). On verse au fond la quantité nécessaire de chlorhydrate d'ammoniaque solide et l'on achève de remplir avec de l'eau. Il se forme d'abord du chlorure de zinc, du gaz ammoniac et de l'hydrogène, puis le chlorure de zinc lui-même est décomposé et la réaction devient plus complexe. L'hydrogène agit sur le bioxyde de manganèse pour donner de l'eau et du sesquioxyde.

Dans d'autres modèles (fig. 719), le vase poreux est supprimé et l'on dispose, de chaque côté de la plaque de charbon, des briquettes agglomérées formées d'un mélange de bioxyde de manganèse, de charbon, de bisulfate de potasse et

de résine-gomme laque. Une cale de bois empêche le zinc de venir toucher cet assemblage, et deux anneaux de caoutchouc maintiennent le tout en place.

La pile Leclanché présente de grands avantages, notamment celui de ne pas s'user à circuit ouvert et de se dépolariser pendant le repos. Elle convient parfaitement à toutes les applications qui ne demandent qu'un emploi intermittent. Mais son faible débit et la rapidité avec laquelle elle se polarise la rendent impropre à tout service continu.

La figure 720 montre la dernière forme donnée à la pile Leclanché par M. B... positif est constitué par un cha... en forme de cylindre creux, qui ... temps de dépolarisant. La comp... brication de ces agglomérés a ... façon à les rendre plus durabl... conducteurs, ce qui permet d... plaque de charbon. Le crayon d... au centre de la pile et maint... charbon par un bouchon de b... est muni au bas d'un petit tube ... chouc. Le charbon est entour... caoutchouc qui achève de fermer hermétiquement pour éviter l'... par suite les ennuis des sels grim... sition centrale du zinc permet ... utilisation du dépolarisant : la ... séparément le charbon et le zi... élément.

La pile Lacombe (fig. 721) poss... un zinc Z et un charbon AB ...

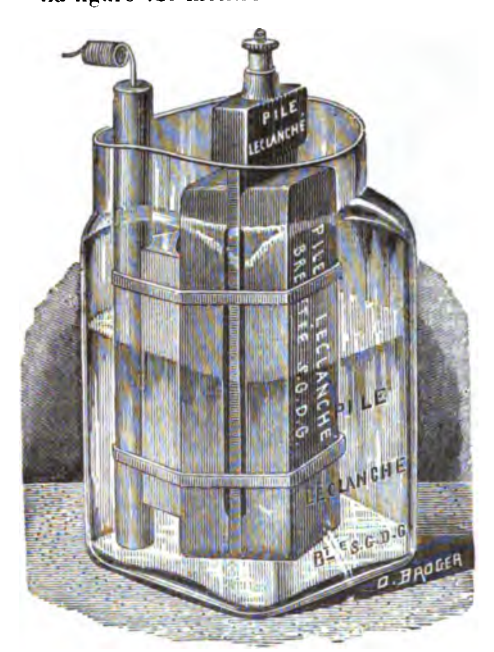


Fig. 719. — Pile Leclanché à plaques agglomérées.

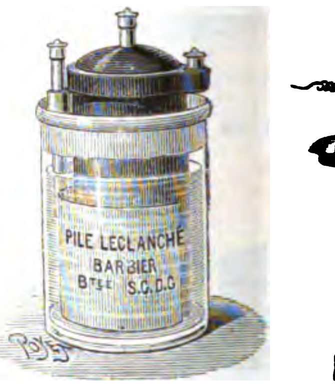




Fig. 720. — Pile Leclanché-Barbier (nouv...

mais la disposition du charbon est différente. A est un cylindre de charbon et B un cylindre poreux percé de trous : ils sont réunis par des entretoises en verre C. Le mélange dépolarisant M est placé entre A et B et peut être changé facilement. Un collier métallique N entoure le charbon et porte l'électrode positive.

Pile Leclanché-Goodwin. — La pile Leclanché a reçu encore diverses formes. La plus intéressante est celle imaginée par M. Goodwin, qui a remplacé le vase poreux ou les plaques agglomérées par un vase cylindrique en charbon, dont les parois sont rendues très poreuses, et qui est rempli d'un mélange de charbon et de bioxyde de manganèse (fig. 722). On peut augmenter encore la surface en adoptant la forme que représente le second modèle de notre figure.

Avec ces vases, la résistance de l... due très faible et l'on peut s'en ser... production de lumière intermitte... ple pour faire fonctionner des lam... descence de huit à dix bougies p... ou vingt minutes.

Les constantes de la pile Leclan... nairement :

Force électromotrice...........
Résistance.....................

Avec les vases poreux Goodwin... nent :

Force électromotrice...........
Résistance.....................

Pile Roberts. — Elle est compo...

drate d'ammoniaque ou d'acide sulfurique étendu, d'un zinc amalgamé et d'un aggloméré (mélange de permanganate de potasse ou de soude et d'oxyde de plomb) muni d'une tige de charbon de cornue. La force électromotrice est 2 volts.

Pile Niaudet. — Elle diffère de la pile Leclanché par la substitution du chlorure de chaux au peroxyde de manganèse et celle de l'eau salée au sel ammoniac.

Pile Pollak. — Ce modèle, expérimenté à Berlin en 1889, se compose d'un vase B en verre ou en ébonite (fig. 723), renfermant un cylindre de zinc Z réuni à la borne R, et un cylindre de charbon très poreux C, dont la partie inférieure

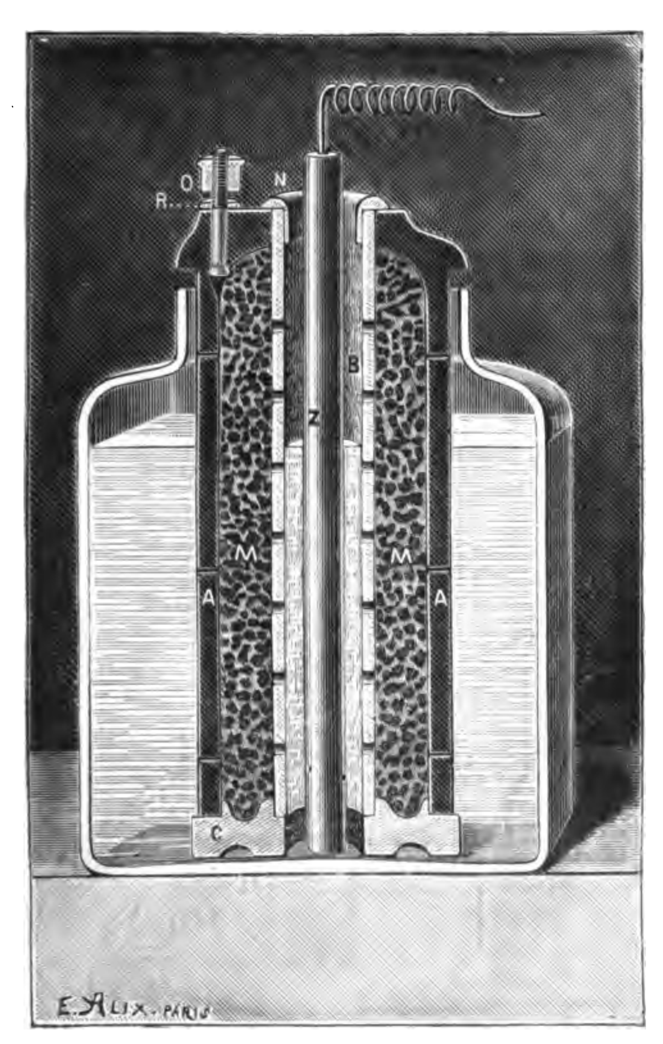
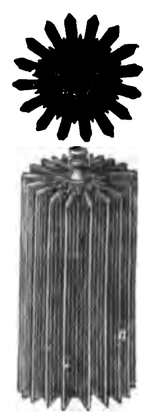



Fig. 721. — Pile Lacombe.




Fig. 722. — Vases poreux Goodwin.

est recouverte d'un dépôt de cuivre galvanique. On charge avec du chlorhydrate d'ammoniaque, qui, sous l'action du courant, donne du chlorure de cuivre. Ce sel est ensuite attaqué par l'hydrogène et reforme du chlorhydrate d'ammoniaque. Ce produit se régénère donc sans cesse, et la pile peut servir jusqu'à épuisement du zinc.

On peut encore supprimer le cuivrage du charbon, et charger la pile au brome et à l'oxychloride de fer. Il se forme du chlorure de fer, qui s'oxyde de suite et repasse à l'état d'oxychloride. Ces piles sont très constantes. La force électromotrice est 0,955 volt.

Piles au chlorure d'argent. — Dans la pile Warren de la Rue, le dépolarisant est une couche de chlorure d'argent fondu, qui entoure un fil d'argent représentant l'électrode positive.

min. Le sulfate de zinc formé tombait au fond et s'écoulait par le siphon de verre qu'on voit à gauche (fig. 699). L'acide frais était versé goutte à goutte par le haut à l'aide d'un entonnoir. Le vase extérieur, qui était en cuivre, recevait le sulfate de cuivre. Une petite coupe à mercure, qu'on voit à droite, tenait lieu de vis d'attache pour le pôle positif. Cette figure a été dessinée d'après les modèles originaux conservés à King's College, où Daniell fut professeur de 1831 à 1845.

La figure 700 représente un autre modèle dont le vase poreux est surmonté d'un ballon renversé, rempli de cristaux de sulfate de cuivre. Quand la dissolution de sulfate s'appauvrit, elle devient plus légère et s'élève dans le ballon, tandis que le liquide saturé vient prendre sa place.

La pile de Daniell n'a qu'une force électromotrice peu élevée; de plus elle ne peut rester montée à circuit ouvert; les liquides se mélangent à travers le vase poreux et du cuivre se dépose sur le zinc. Malgré ces défauts, cette pile est souvent employée, ainsi que ses diverses modifications, à cause de sa parfaite constance.

On obtient encore de meilleurs résultats, au point de vue de la constance, en remplaçant l'eau acidulée par du sulfate de zinc; mais on augmente un peu la résistance.

Pile Callaud. — La pile de Daniell peut recevoir encore bien d'autres formes : les plus intéressantes et les meilleures sont les piles de densité, dans lesquelles on a supprimé le vase poreux et superposé les deux liquides par ordre de densité; la suppression du vase poreux diminue beaucoup la résistance de l'appareil.



Fig. 700. — Pile Daniell à ballon.

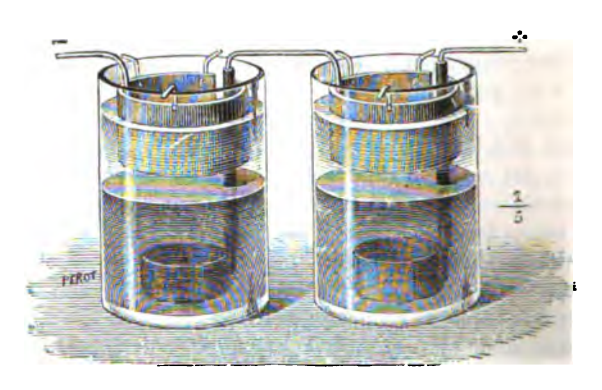


Fig. 701. — Pile de Callaud.

Telle est par exemple la pile de Callaud, très employée dans les télégraphes. La figure 701 représente le modèle en usage à la Compagnie du chemin de fer d'Orléans. La partie inférieure d'un vase de verre est remplie d'une solution saturée de sulfate de cuivre, au-dessus de laquelle on a versé avec précaution de l'eau acidulée. Un anneau de cuivre, placé au fond du vase, forme le pôle positif et communique avec l'extérieur par un fil de même métal, qu'un tube de verre isole de l'eau acidulée. Le cylindre de zinc qui plonge dans cette eau est suspendu au bord du vase par des crochets.

Pile Meidinger. — C'est une modification de la pile de Callaud, formée de deux vases de verre A et *d* (fig. 702). Le second renferme la solution de sulfate de cuivre, maintenue saturée par les cristaux placés dans l'entonnoir *b*, et la lame de cuivre *e*, qui se termine par une tige *g*, entourée de gutta-percha. Le vase extérieur est rempli d'eau pure; il contient le zinc Z, qui s'appuie directement sur le vase de verre A, au point où il se rétrécit.

Pile Cabaret. — C'est encore une modification de la pile Callaud, d'un entretien très facile. Le pôle positif (fig. 703) est un cylindre de plomb, verni dans sa partie supérieure; on le remplit de cristaux de sulfate de cuivre, qu'on peut renouveler facilement. Ce cylindre est fendu à la base. On peut charger l'appareil en versant de l'eau pure jusque vers le haut. La solution de sulfate de cuivre qui se forme reste au fond et le zinc se trouve entouré d'eau pure, au lieu d'eau acidulée. On peut aussi mettre de l'eau acidulée, comme dans la pile Callaud. Cette pile est employée dans le service télégraphique des chemins de fer de l'Est.

Pile Thomson. — L'une des meilleures formes est la pile de sir W. Thomson (fig. 704). Une plaque de cuivre ou de plomb est placée horizontalement au fond d'une cuve de verre ou de porcelaine, et recouverte d'une solution de sulfate de cuivre, dans laquelle on place des cristaux du même sel. On verse l'eau acidulée pardessus; le zinc, en forme de grille, est porté par quatre cubes en porcelaine, fixés aux quatre coins de la cuve. On peut superposer facilement un certain nombre d'éléments; chaque plaque positive porte une queue recourbée qui vient s'appuyer par pression sur le zinc de l'élément placé au-dessous.

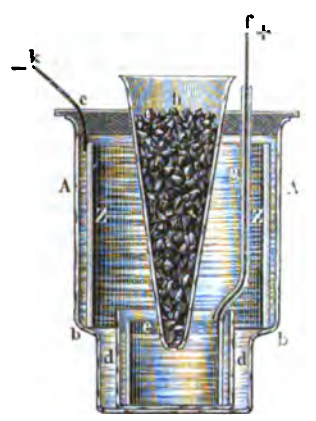


Fig. 702. — Pile Meidinger.


Fig. 703. — Pile Cabaret.

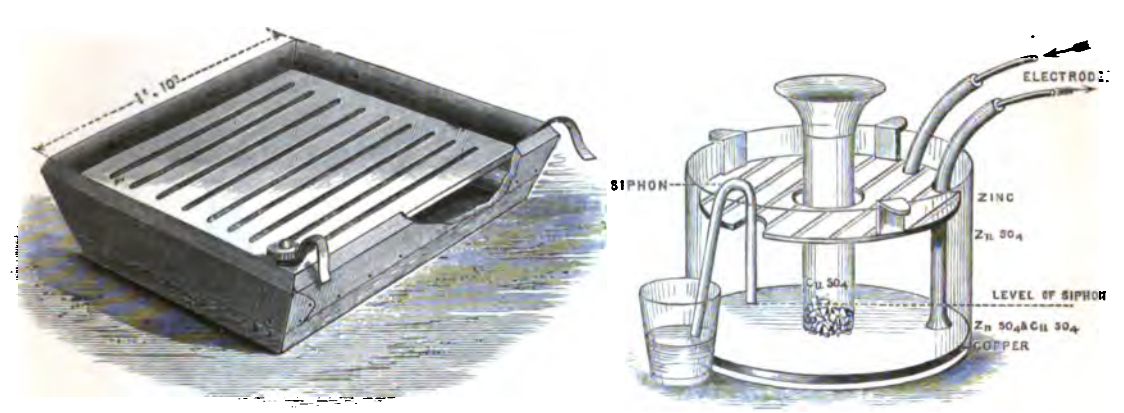


Fig. 704. — Pile W. Thomson.

Le second élément est un modèle de démonstration. Le zinc est suspendu par des crochets. Un siphon enlève le sulfate de zinc; on ajoute de l'eau acidulée par le haut. Un tube central est maintenu garni de cristaux de sulfate de cuivre. Avec cette disposition, le sulfate de cuivre parvient difficilement jusqu'au zinc.

Pile Minotto. — Elle est analogue à la précédente, mais l'eau acidulée est remplacée par de l'eau pure. On recouvre la plaque de cuivre d'une couche épaisse de cristaux de sulfate de cuivre, puis de sable fin, sur lequel on pose une plaque de zinc assez épaisse. Enfin on verse de l'eau en quantité suffisante pour imbiber la face inférieure du zinc.

Pile Siemens et Halske. — Elle est analogue aux piles de densité qui précèdent, mais un diaphragme est introduit entre les deux liquides, ce qui augmente beaucoup la résistance. Au fond du vase A (fig. 705) est une solution de sulfate de cuivre, maintenue saturée par des cristaux qu'on ajoute dans le tube de verre *cc*. Le pôle positif est une spirale de cuivre *k*. En *ff*, un disque de pâte de papier comprimée et soigneusement lavée à l'acide sulfurique sert de diaphragme. Le zinc Z, terminé par une tige de cuivre *b*, repose sur ce diaphragme.

Pile Reynier. — L'eau acidulée est remplacée

tion très caustique qui peut occasionner des accidents si un élément vient à être renversé; d'ailleurs ce défaut se trouve bien diminué par l'emploi d'éléments hermétiques. On peut aussi leur reprocher la faiblesse de leur force électromotrice, qui est inférieure à celle des couples Daniell; elle est égale à 0,85 volt. On est alors forcé de prendre un plus grand nombre d'éléments en tension pour obtenir une certaine force électromotrice.

Pile Dun. — Cette pile, qui se construit à

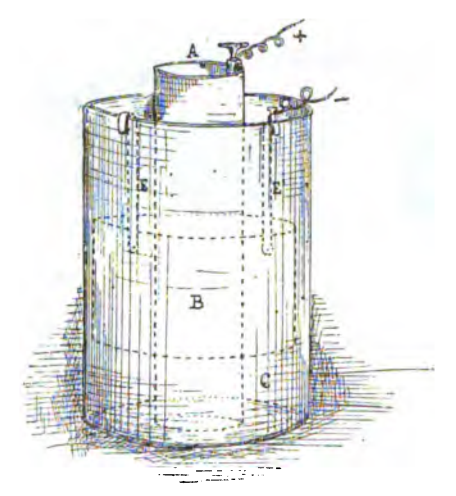


Fig. 728. — Pile Dun.

Francfort-sur-le-Mein, est, comme la précédente, à la potasse, mais le dépolarisant est du permanganate de potasse, contenu dans un vase cylindrique en charbon de cornue A (fig. 728), bouché à son extrémité inférieure et servant d'électrode positive. Le vase de verre C reçoit la potasse et un zinc circulaire B, soutenu par des crochets EE'.

Cette pile est inodore et ne s'use pas à circuit ouvert. La force électromotrice, qui est 1,8 volt au début, tombe ensuite à 1,2 volt. Au bout de quelques heures de service, il est utile de la laisser reposer.

Pile Borchers. — Cette pile, qui porte aussi le nom d'*élément fer-zinc* (fig. 729), est d'une construction très simple. Le vase extérieur G est un tube de fer forgé portant aux deux bouts un culot C et un manchon N de même métal. Un couvercle V en ébonite, séparé du fer par un bourrelet de caoutchouc *b*, supporte un fort crayon de zinc Z. Les prises de courant sont en B et M. Le liquide employé est un mélange de soude caustique, d'azotate et de chlorure de sodium.

Pile à électrodes de charbon. — MM. Tommasi et Radiguet ont imaginé une pile sans métaux; l'électrode positive est un bâton de charbon recouvert d'une couche de peroxyde de plomb et renfermé dans un sac en toile. L'électrode négative est un tube cylindrique de charbon percé de trous (fig. 730), qui entoure l'autre pôle; le tout est mis dans un vase en verre rem-

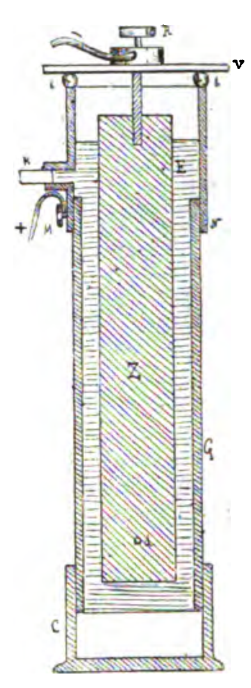


Fig. 729. — Pile Borchers.

pli de fragments de charbon de cornue, et l'on verse, jusqu'au milieu de la hauteur, une solution concentrée de chlorure de sodium.

D'après M. Tommasi, le charbon décompose l'eau en circuit fermé, en donnant de l'hydrogène et de l'acide carbonique, mélangés sans doute d'oxyde de carbone. L'hydrogène réduit le peroxyde de plomb, en formant de l'eau et du plomb.

Cette pile, qui possède une force électromotrice de 0,6 à 0,7 volt, se polarise rapidement; elle ne convient donc qu'aux usages intermittents, mais elle peut fonctionner pendant un temps extrêmement long, sans autre précaution que de remplacer l'eau qui s'évapore.

Montage et entretien des piles hydro-électriques. — Quelle que soit la pile dont on fait usage, qu'elle doive être fréquemment nettoyée ou qu'elle puisse fonctionner longtemps, il faudra toujours la remonter au bout d'un certain temps, et cette opération, qui se représente

périodiquement, ne saurait être faite avec trop de soin. Les précautions nécessaires étant à peu près les mêmes, nous avons jugé préférable de les réunir ici.

Entretien des zincs malgamés. — La question la plus importante, c'est de maintenir les zincs bien amalgamés. L'expérience montre en effet que le zinc amalgamé n'est attaqué par l'eau acidulée que pendant le passage du courant, tandis que le zinc du commerce se dissout même à circuit ouvert. L'amalgamation est donc d'une importance capitale : elle doit être faite avec soin sur les zincs neufs, que l'on achète presque toujours insuffisamment amalgamés, et recommencée chaque fois qu'on démonte la pile.

Pour faire cette opération, on passe d'abord chaque zinc dans l'eau acidulée par 1/16 d'acide sulfurique en volume, puis on le trempe dans le mercure, que l'on fait adhérer en frottant avec un chiffon ou une brosse en fil de laiton. Enfin on le laisse égoutter pour recueillir les gouttelettes qui coulent de la surface. Pour employer peu de mercure à l'amalgamation, on peut se servir, si le zinc est cylindrique, d'une cuvette en bois dur en forme de gouttière; si



Fig. 730. — Pile sans métaux Tommasi et Radiguet.

le zinc est plat, on prend un vase de grandeur suffisante. On peut aussi amalgamer avec une solution de chlorure de mercure, ou même avec du sulfate; mais le premier procédé nous paraît meilleur.

On peut encore, surtout dans les piles qui doivent fonctionner longtemps, mettre un peu de mercure au fond des vases, de sorte que l'amalgamation s'entretienne d'elle-même sous l'influence du courant; mais ce procédé n'est pas sans inconvénient : l'amalgamation se fait parfois mal dans le haut, tandis que dans le bas l'excès du mercure ronge le zinc plus vite.

Préparation du liquide excitateur. — L'eau acidulée employée comme liquide excitateur peut contenir 1/10 de son volume d'acide sulfurique : cependant nous croyons que de l'eau acidulée au 1/20 et même au 1/40 peut souvent suffire. Cela dépend d'ailleurs du temps pendant lequel la pile doit rester en fonction. Pour purifier l'acide sulfurique préparé par les pyrites, M. d'Arsonval conseille d'ajouter environ 5 centigrammes d'huile à brûler par litre. Il se forme ainsi de l'acide sulfoglycérique et des savons insolubles qui, en se précipitant, entraînent les métaux étrangers, fer, plomb, arsenic.

L'eau acidulée peut être remplacée dans toutes les piles en général par une solution de sulfate de zinc : on obtient ainsi une force électromotrice un peu plus faible, mais une constance plus grande. Quelquefois aussi on emploie l'eau pure comme liquide excitateur; nous en avons vu un exemple dans la pile Cabaret ; cette disposition augmente beaucoup la résistance et par suite diminue l'intensité.

Piles au bichromate. — Pour le mélange qui doit remplir les piles au bichromate à un seul liquide, on indique généralement la composition suivante :

Eau...........................	1000 gr.
Bichromate de potasse.........	5-10 —
Acide sulfurique..............	10-20 —

Dans les piles bouteilles, où le liquide n'est pas renouvelé automatiquement, il vaut mieux ne pas mettre beaucoup d'acide, ce qui augmente le débit, mais au détriment de la constance du courant. On en ajoute un peu quand l'intensité commence à baisser. On dissout d'abord le bichromate, et l'on ajoute ensuite l'acide peu à peu.

On peut éviter le maniement de l'acide au moyen d'une combinaison de bichromate et d'acide sulfurique qu'on trouve en cristaux dans le commerce : pour monter la pile, il suffit de dissoudre ce sel chromique dans l'eau, à raison de deux cents grammes par litre.

Nous avons indiqué plus haut les formules relatives à la pile au bichromate à deux liquides.

Vases poreux. — Les vases poreux, dans les piles qui en contiennent, doivent être de bonne qualité : pour s'en assurer, on peut les remplir d'eau et les abandonner pendant une heure environ ; au bout de ce temps, le liquide doit se montrer en gouttelettes sur la surface extérieure, mais sans couler. On vernit souvent le haut de ces vases pour empêcher la formation des sels grimpants. Pour la même raison on les enduit aussi de paraffine, et l'on fait de même pour la partie supérieure des vases de verre de la pile Leclanché.

Presses et contacts. — Il importe d'employer pour les communications des pinces d'une forme commode, et de bien nettoyer les contacts à l'émeri ou avec une lime fine : les extrémités des fils conducteurs doivent aussi être bien propres. Ces précautions peuvent influer beaucoup sur l'intensité du courant, surtout lorsque la résistance du circuit est faible : un contact oxydé ou malpropre suffit alors à augmenter beaucoup la résistance et à diminuer l'intensité dans une proportion notable.

Il est bon d'employer des zincs absolument dépourvus de queue ou d'attache en cuivre, quand on doit les amalgamer souvent ; cette opération se fait alors plus commodément, et l'entretien des contacts est plus facile. Dans les piles Leclanché ou analogues, les contacts sont généralement soudés aux deux pôles, comme le montrent nos figures : cette disposition n'a pas d'inconvénients, ces modèles restant très longtemps sans être nettoyés.

Piles à écoulement.

Certains inventeurs ont cherché à assurer la constance du courant pendant un long temps et à supprimer en même temps les opérations désagréables que nécessite l'entretien en renouvelant les liquides automatiquement ; dans ce cas, il n'est plus nécessaire de démonter la pile que pour remplacer les zincs lorsqu'ils sont usés. Une pile de cette espèce qui serait parfaitement constante et suffisamment énergique rendrait de grands services pour les applications d'une certaine durée. Nous allons indiquer quelques-unes des solutions proposées.

Pile O'Keenan. — M. O'Keenan a appliqué cette méthode à la pile de Daniell. Les éléments sont contenus dans des compartiments distincts en bois paraffiné : chacun d'eux contient un zinc de très grande dimension, entouré d'une gaine de papier parchemin ouverte en haut et en bas, qui remplace le vase poreux. De chaque côté sont fixées deux lames de plomb accouplées qui forment le pôle positif. Tous les éléments portent d'ailleurs une fente verticale qui les met en communication avec un compartiment ménagé à la partie antérieure et fermé par une glace (fig. 731). A droite se trouve une caisse percée de petits trous et remplie de cristaux de sulfate de cuivre. On fait arriver sans cesse de l'eau goutte à goutte au haut du compartiment antérieur, de manière à le maintenir plein : cette eau, pénétrant à travers les petits trous placés à droite, rencontre le sulfate de cuivre et se transforme en une dissolution saturée, qui, par les fentes verticales, pénètre dans tous les éléments autour des vases de parchemin. Chaque élement contient donc trois couches superposées : à la partie supérieure, une couche d'eau de quelques centimètres qui descend aussi dans l'intérieur des vases poreux, audessous une couche bleue de sulfate de cuivre qui entoure les vases poreux sur toute leur hauteur et baigne les lames de plomb, enfin, à la partie inférieure des éléments, une solution saturée de sulfate de zinc provenant de l'usure du métal attaqué. Cette couche de sulfate de zinc garde une épaisseur constante : dès qu'elle tend à la dépasser, l'excédent se déverse au dehors par un trop-plein, que l'on voit à droite au bas de l'appareil.

Les manipulations nécessaires à l'entretien de cette pile se bornent donc à régler une fois pour toutes l'écoulement de l'eau et à ajouter

chaque jour dans la trémie placée à la partie supérieure la quantité de sulfate de cuivre nécessaire pour maintenir pleine la boîte située au-dessous. La partie inférieure de l'appareil contient une réserve de sulfate. Sur la planchette du milieu, l'on peut disposer des accumulateurs pour les charger, ainsi que le représente la figure. Cette pile présente évidemment des dispositions intéressantes; remarquons cependant que la communication établie entre tous les éléments par le compartiment antérieur doit produire des dérivations et diminuer la force électromotrice totale, et que la substitution de l'eau pure à l'eau acidulée augmente la résistance.

Piles à écoulement au bichromate de potasse.

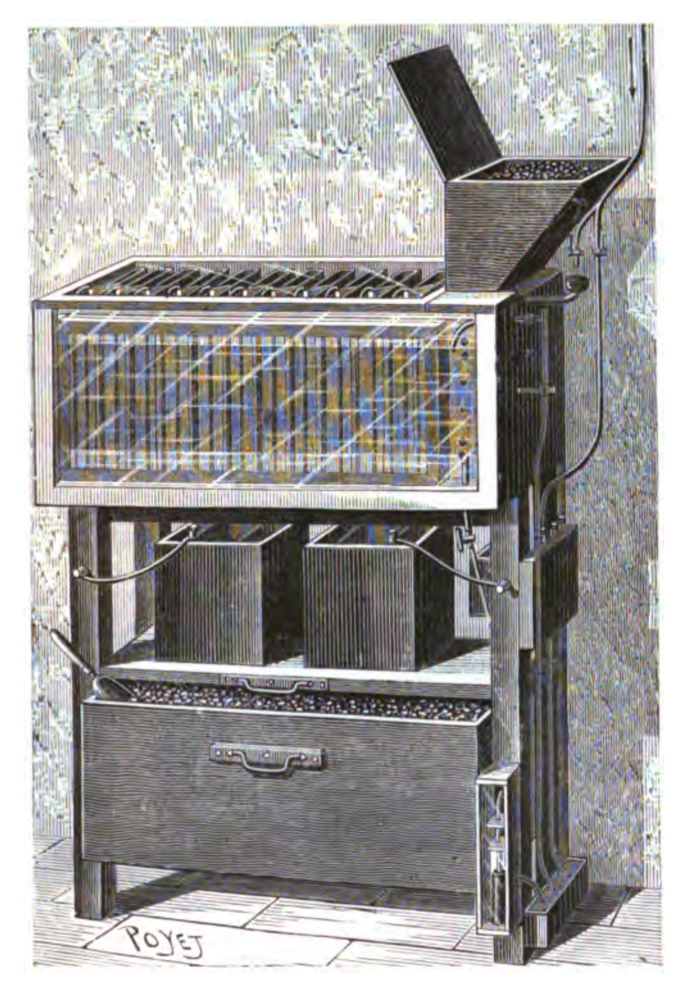


Fig. 731. — Pile O'Keenan.

— Des dispositions analogues ont été adaptées surtout aux piles à bichromate, à un ou à deux liquides; la figure 732 représente un de ces appareils, formé de quatre éléments à un seul liquide. Chaque couple se compose d'un vase de terre contenant un vase poreux percé de trous assez grands, qui sert seulement à empêcher tout contact entre le charbon et le zinc, quand celui-ci se déplace en s'usant. Le pôle positif est constitué par trois ou quatre plaques de charbon disposées autour du vase poreux et réunies par des pinces à un cercle de cuivre. Le pôle négatif est formé d'une longue baguette de zinc qui s'enfonce dans le vase poreux à mesure qu'elle s'use. Un peu de mercure, placé au fond de ce vase, maintient le zinc toujours amalgamé, condition nécessaire pour qu'il ne s'use pas en circuit ouvert. Le mélange de bichro-

mate et d'acide sulfurique coule goutte à goutte d'un réservoir supérieur dans le premier élément et de là dans tous les autres successivement, puis il est rejeté au dehors. Il est préférable que ce liquide arrive au haut de chaque couple et sorte par la partie inférieure : on évite ainsi l'engorgement par des amas de cristaux. Notre figure représente la pile en train de charger des accumulateurs.

Pile Camacho. — Les vases sont rectangulaires (fig. 733) ; les pôles positifs sont formés par des vases poreux contenant une lame de charbon de cornue, autour de laquelle on a tassé des fragments de la même substance. Les zincs entourent ces vases poreux. Les éléments sont placés sur des gradins, et reliés par des siphons en caoutchouc, qui partent du fond de chaque vase pour s'ouvrir à la surface du suivant. La solution de bichromate peut être utitisée plusieurs fois.

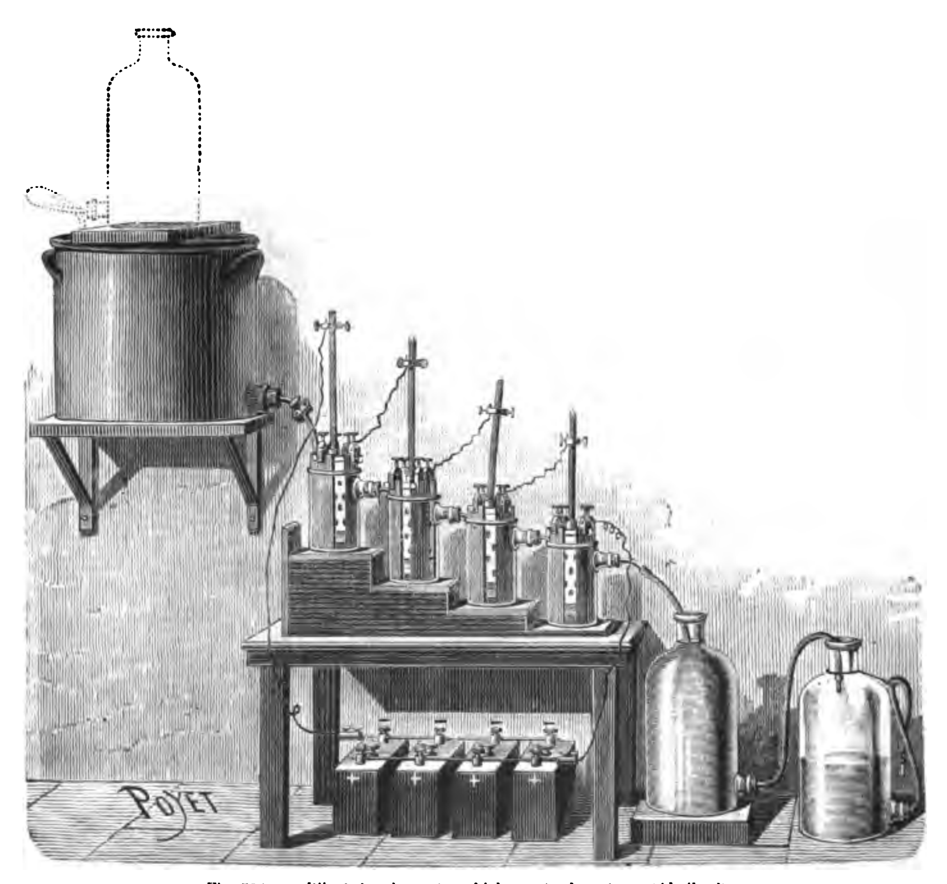


Fig. 732. — Pile à écoulement au bichromate de potasse (Aboilard).

Pile Chuteaux. — Chaque élément de cette pile est formé d'un vase de grès percé à la partie inférieure, que l'on remplit d'un côté de fragments de charbon de cornue parmi lesquels une plaque de charbon servant d'électrode, de l'autre de sable siliceux avec une plaque de zinc. Ces deux mélanges sont séparés par un plan vertical passant par l'axe du cylindre. Deux éléments de ce genre sont superposés. Au-dessus est un vase poreux muni d'un ballon renversé, comme la pile de Daniell ou de Meidinger, et qui laisse couler lentement le mélange de bichromate, d'acide sulfurique et de sulfate mercurique. Le liquide est recueilli à la sortie de l'élément inférieur, et peut servir encore deux fois. Quand il a traversé trois fois la pile, il est épuisé. Cette pile est assez constante, mais elle possède une très grande résistance, Elle a été employée pendant le siège de Paris pour produire de la lumière électrique.

Pile siphoïde Cloris-Baudet. — La figure 734 montre l'ensemble et les détails principaux

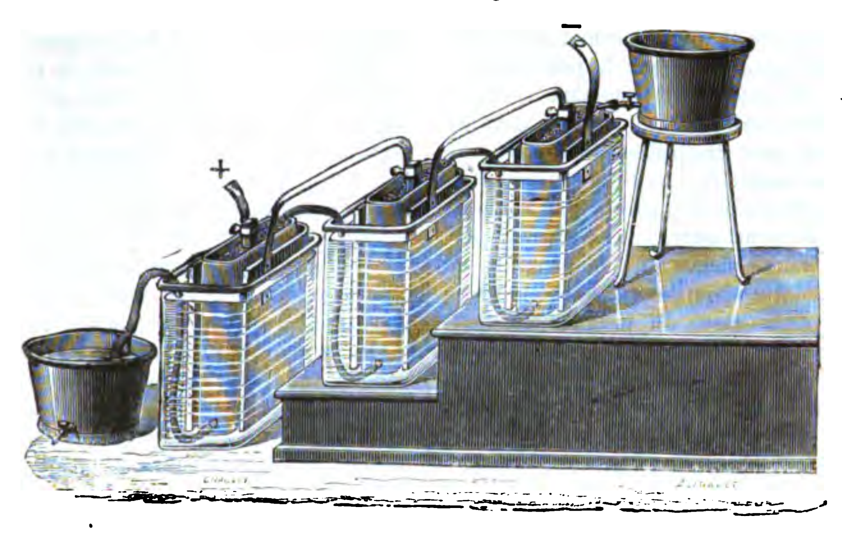


Fig. 733. — Pile Camacho.

d'une pile à écoulement au bichromate, mais à deux liquides. Les éléments, au nombre de douze, sont disposés sur une même planchette horizontale. Les charbons et les zincs ont la forme de plaques : ces derniers sont épais et suspendus à une traverse L, commandée par un

Siphons des Vases poreux

Siphons des Vases extérieurs

CLORIS BAUDET . PARIS

Fig. 734. — Pile siphoïde Cloris-Baudet.

treuil à manivelle M, ce qui permet de les sortir des vases poreux lorsque la pile ne fonctionne pas. Du fond de chaque vase poreux *v* part un siphon qui vient s'ouvrir au haut du vase suivant; une disposition identique relie tous les vases extérieurs V. Les réservoirs R et *r*, placés au-dessus de l'appareil, sont remplis, le premier de bichromate, le second d'eau acidulée, et bien bouchés; ils sont munis de tuyaux A et *a* qui aboutissent à la partie supérieure des deux vases du premier élément, celui de gauche; ces tuyaux sont également pleins de liquides. La pile étant ainsi disposée, il suffit, pour renouveler les solutions, d'ouvrir légèrement les deux tubes de déversement T et *t*

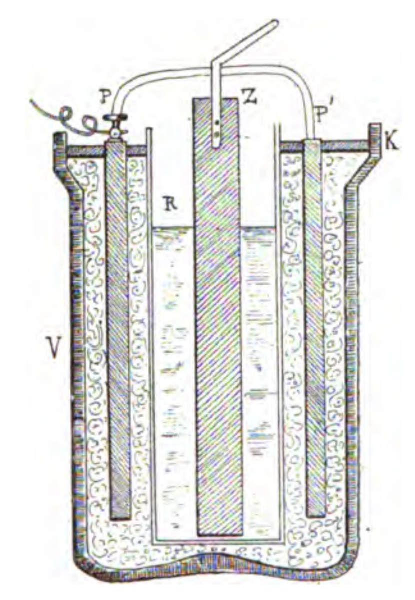


Fig. 735. — Pile Upward.

qu'on voit à droite de la figure d'ensemble : chacun des liquides du dernier élément s'écoule lentement au dehors, mais l'abaissement du niveau détermine l'appel du liquide de l'élément précédent, et de même jusqu'au premier. Enfin, la baisse du niveau produite dans le premier élément à gauche débouche l'orifice du tuyau A ou *a* : une bulle d'air monte dans le réservoir correspondant et une quantité de liquide égale descend dans la pile et referme l'orifice du tuyau. Les réservoirs R' et *r'* reçoivent les liquides épuisés. On voit que cette pile peut servir à volonté avec ou sans écoulement, qu'on peut retirer facilement les zincs des vases poreux et qu'elle occupe peu de hauteur, les éléments étant tous au même niveau.

Pile au chlore de R. Upward. — Cette pile, imaginée en 1886, est très originale. Chaque élément se compose d'un vase de grès rectangulaire V, renfermant un vase poreux plat R (fig. 735) qui contient un zinc plat Z et de l'eau pure. Le vase extérieur, rempli par deux charbons PP' et des fragments de la même substance, est fermé hermétiquement par un bouchon paraffiné. On prépare du chlore par le procédé de Scheele (bioxyde de manganèse et acide chlorhydrique) ou par toute autre méthode, dans une cornue de grès chauffée au bain de sable; le courant de gaz passe successivement, par des tubulures ménagées à cet effet, dans tous les vases extérieurs, et va s'emmagasiner dans un gazomètre. La dépolarisation est rapide et complète, à cause de la grande affinité du chlore pour l'hydrogène. La manipulation est extrêmement simple : il suffit de changer les zincs tous les six mois et d'ajouter de l'eau tous les huit jours ; l'eau saturée de chlore sort par un robinet au bas de chaque couple.

Cette pile a une force électromotrice de 2,1 volts, mais sa résistance est un peu grande. Néanmoins MM. Woodhouse et Rawson, qui la construisent, l'emploient à l'éclairage de leurs bureaux, où elle alimente 24 lampes à incandescence de 10 bougies. Elle est installée dans les caves et ne donne d'autre embarras que de recharger tous les jours l'appareil à chlore.

Piles sèches ou piles humides.

On a d'abord donné improprement le nom de piles sèches à des générateurs d'électricité uniquement formés de subtances solides. En réalité, ces substances sont toujours humides, et l'électricité est encore due ici à une action chimique. Ce sont donc plutôt des *piles humides*. On place habituellement sous le même titre un certain nombre d'appareils dans lesquels le liquide est immobilisé en le mélangeant avec une substance solide ou spongieuse inactive; on peut alors les transporter et même les retourner sans répandre le liquide, ce qui est utile dans certaines applications (télégraphie militaire, etc.). Ce système a l'inconvénient de diminuer la quantité de liquide actif et d'augmenter la résistance sans aucun profit; en outre, le liquide épuisé au contact des électrodes n'est que difficilement remplacé par le liquide frais, la substance inactive s'opposant à la circulation.

Piles anciennes. — La pile de Behrens (1805) est formée de disques zinc, cuivre et papier doré, superposés comme dans la pile de Volta, celle de Deluc (1810) de disques fer étamé et papier doré.

La pile de Zamboni (1812) est formée de disques de papier recouverts d'argent ou d'étain sur l'une des faces, et de bioxyde de manganèse sur l'autre. Ces disques sont empilés comme dans la pile de Volta, les faces identiques étant toutes du même côté. Le peroxyde de manganèse représente le pôle positif. Cette pile est généralement entourée d'une enveloppe isolante, qui conserve presque indéfiniment l'humidité intérieure, et les deux pôles sont reliés à des boutons métalliques. Elle est employée dans l'électroscope de Bohnenberger.

La pile de Watkins (1828) est formée de disques de zinc polis sur une seule face et séparés par une couche d'air, qui attaque la face non polie.

Pile Palmieri. — M. Palmieri emploie, pour charger un électromètre destiné à l'étude de l'électricité atmosphérique, une pile semblable à celle de Zamboni, mais disposée dans l'intérieur d'un tube de verre plus large, de sorte qu'elle en est séparée par une couche d'air. Les rondelles qui composent la pile sont serrées entre deux disques de cuivre qui forment les pôles. Grâce à la couche d'air interposée, les rondelles ne sont pas influencées par les changements d'état hygrométrique de l'air, et la pile reste constante pendant fort longtemps.

Pile humide Trouvé. — La disposition que nous signalons plus haut, et qui consiste à immobiliser le liquide actif à l'aide d'une matière inactive, plus ou moins solide, a été appliquée aux divers genres de piles.

M. Trouvé a appliqué ce système à la pile de Daniell. Chaque élément est formé de deux disques, l'un de cuivre, l'autre de zinc (fig. 736),

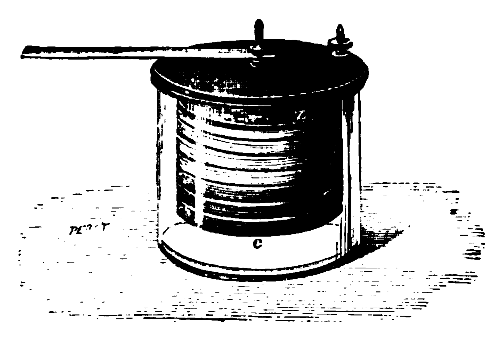


Fig. 736. — Pile humide Trouvé.

séparés par une rondelle de papier buvard imbibée de sulfate de cuivre sur la face en contact avec le cuivre, de sulfate de zinc sur celle qui touche le zinc. Cette pile est très constante, mais elle a une résistance considérable.

Pile Desruelles. — C'est une pile au bichromate de potasse, dont le liquide est solidifié par de l'amiante; mais on laisse la pâte assez fluide pour ne pas augmenter beaucoup la résistance, et l'on ajoute des substances qui la rendent hygrométrique et par suite l'empêchent de se dessécher.

Ce liquide est formé de :

Eau bouillante..................	1000 gr.
Bichromate de potasse..........	100 —

Après refroidissement, on ajoute 200 gr. d'acide sulfurique ordinaire, puis on laisse refroidir de nouveau et l'on ajoute 60 gr. de glycérine et 10 gr. de soude caustique. Ce liquide est introduit dans un vase d'ébonite, au fond duquel est fixée l'électrode de charbon; le zinc est suspendu au couvercle. Le zinc peut être soulevé quand la pile ne sert pas.

Cette pile a été notamment utilisée pour l'inflammation des torpilles et des fourneaux de mines. La même disposition a été appliquée à la pile Leclanché pour l'intercommunication des trains.

Pile Renault-Desvernay. — Le vase extérieur A est en charbon aggloméré (fig. 737). Le compartiment inférieur B est rempli d'un mélange de silice gélatineuse, d'acide chromique et d'acide sulfurique, qui forme le dépolarisant. Un disque en terre poreuse C supporte le zinc Z, qui est en forme de spirale, et plongé dans un mélange de silice et d'eau pure ou de chlorure de zinc.

Cette pile a une force électromotrice d'environ 2 volts; la grande surface des électrodes diminue sa résistance. Elle convient très bien aux usages domestiques. Le modèle représenté a 7 cm. de hauteur et actionne une sonnerie pour table de salle à manger. On peut la renverser sans danger, à cause de la consistance épaisse des mélanges intérieurs.

Pile Thiébault. — Ce modèle est une modification de la pile Leclanché : le chlorhydrate d'ammoniaque est mélangé avec du plâtre et gâché avec de l'eau; ce mélange est placé dans un vase de zinc qui sert à la fois d'enveloppe et de pôle négatif. Le charbon aggloméré est introduit au centre.

Pile Gassner. — Elle diffère de la précédente par la composition du mélange qui est formé de chlorhydrate d'ammoniaque, d'oxyde de zinc et de plâtre.

Pile Guérin. — Dans cette pile, le chlorhydrate d'ammoniaque est mélangé à chaud avec une algue nommée agar-agar. Le mélange se solidifie par refroidissement. La pile est légère, peu

coûteuse, et peut être renversée sans inconvénient. Pour s'en servir, il suffit d'ajouter avec une pipette environ une cuillerée d'une solution de sel ammoniac.

Pile P. Germain. -- Le sel ammoniac est immobilisé par la substance impr... lée cofferdam (Voy. ce mot). Les d... (fig. 738) sont reliées à deux b... res; la pile est enfermée dans ... bois que ferme un couvercle ma...



Fig. 737. — Pile sèche B. Renault-Desvernay.

vis; des ressorts appuient sur l'électrode supérieure. Cette pile est extrêmement transportable et peut prendre toutes les formes. Elle ne nécessite aucun entretien et paraît donner de très bons résultats.

Pile de Place. — Le capitaine de P... giné récemment une pile sèche ... substance absorbante noire, ap... dont la composition est tenue ... matière reste toujours humide, ...

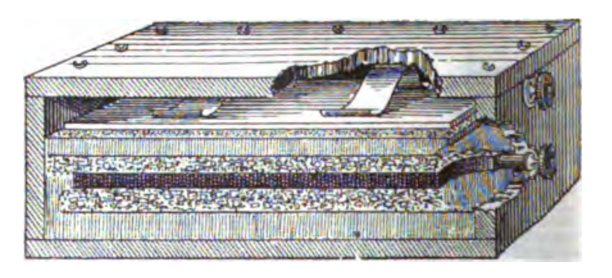


Fig. 738. — Pile P. Germain.

dessèche même pas à l'étuve; elle évite les sels grimpants et maintient les zincs toujours parfaitement décapés.

Piles à gaz.

Ce sont des appareils qui produisent l'électricité au moyen de l'énergie fournie par la combinaison de deux gaz, généralement ... et l'hydrogène.

Pile de Grove. — C'est un véritable ... dont les électrodes sont en platine ... éprouvettes étant pleines de gaz, ... son se produit dès qu'on ferme l... l'on obtient un courant qui dure jusq...

l'un des gaz au moins soit épuisé. Les gaz hydrogène et oxygène peuvent être recueillis par les procédés chimiques; ils peuvent s'obtenir aussi en se servant de la pile comme d'un voltamètre. Cette pile est donc le plus ancien des accumulateurs.

Pile de Kendall. — Cet appareil emprunte de l'oxygène à l'air ambiant. Il est formé de deux tubes de platine concentriques, fermés à la partie inférieure, et dont l'espace annulaire est rempli de verre en fusion. On fait passer dans le tube central un courant d'hydrogène, ou de gaz contenant de l'hydrogène. Celui-ci est absorbé, ainsi que l'oxygène extérieur, par le platine porté à une haute température. La force électromotrice est d'environ 0,7 volt.

Piles secondaires.

Voy. Accumulateur.

Piles thermo-électriques.

Ces appareils, fondés sur les phénomènes exposés à l'article Thermoélectricité, transforment en électricité l'énergie calorifique.

Pile de Melloni et Nobili. — La figure 739 représente trois éléments de cette pile, qui sont formés chacun d'un barreau de bismuth soudé avec un barreau d'antimoine; l'antimoine est marqué en noir. Si l'on chauffe les soudures de deux en deux, par exemple 1, 3, 5,, les cou-

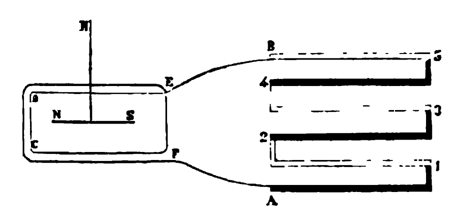


Fig. 739. — Principe de la pile de Melloni.

rants produits dans ces trois soudures sont de même sens et s'ajoutent. Ces courants vont de B vers A à travers la pile; l'antimoine est donc le pôle positif. La force électromotrice est donc proportionnelle au nombre des coupies, comme dans les piles hydro-électriques; elle est de plus, entre des limites assez étendues, proportionnelle à la différence de température des deux séries de soudures.

Les couples de la pile de Melloni sont ordinairement disposés en plusieurs rangées parallèles, formant un cube qui est entouré d'une substance isolante et protégé par un tube métallique O (fig. 740); les deux pôles sont reliés aux bornes *p* et *r*. Les soudures paires apparaissent d'un côté, les soudures impaires de l'autre; il suffit donc de chauffer l'une des faces pour produire un courant. Deux tubes métalli-

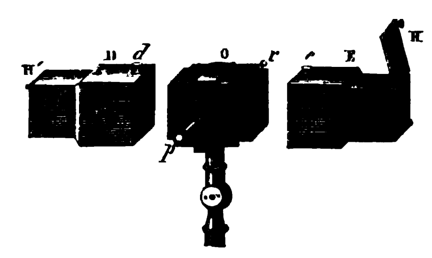


Fig. 740. — Pile de Melloni.

ques *de* garantissent la pile des causes d'échauffement accidentelles.

La pile de Melloni est extrêmement sensible. En l'associant avec un galvanomètre très peu résistant, il suffit d'ouvrir l'écran H et d'approcher la main pour faire dévier l'aiguille de 90°. A cause de cette propriété, elle est employée comme thermomètre différentiel dans l'étude de la chaleur rayonnante (Voy. Thermo-multiplicateur). Un certain nombre de thermomètres électriques (Voy. ce mot) sont fondés sur le même principe. Mais cette pile ne peut être employée comme générateur d'électricité. Les piles qui suivent sont au contraire destinées à cet usage.

Pile Marcus. — Cette pile est composée de barreaux formés de 10 de cuivre, 6 de nickel et 6 de zinc, et de barreaux contenant 12 d'antimoine, 5 de zinc et 1 de bismuth. Les premiers sont positifs, les seconds négatifs.

Pile Becquerel. — Ce modèle est formé de cuivre ou de maillechort et de sulfure de cuivre artificiel.

Pile Clamond. — Les éléments sont formés de fer et d'un alliage zinc-antimoine (à équivalents égaux). 10 de ces éléments sont montés en série de manière à former une couronne circulaire : les soudures sont de deux en deux au centre, les autres à la périphérie. L'alliage forme de gros barreaux qui sont reliés par des lames de fer très minces, présentant une forte saillie à l'extérieur, de façon à offrir une grande surface de refroidissement. On superpose un certain nombre de ces couronnes, qui peuvent être réunies en tension ou en quantité (fig. 741). Suivant l'axe de l'appareil est un tuyau en terre réfractaire, percé de petits trous, qui amène du gaz d'éclairage et permet de chauffer énergiquement les soudures intérieures. 12 couronnes de 10 petits éléments donnent 8 volts et 3,2 ohms.

M. Clamond a construit un grand modèle destiné à l'éclairage électrique et comprenant 60 séries de 100 éléments, chauffées par un

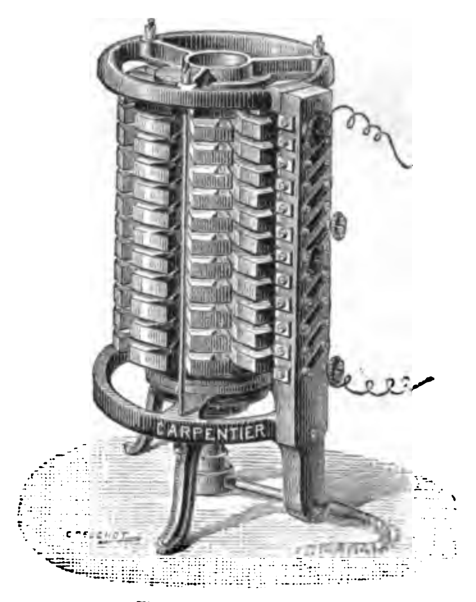


Fig. 741. — Pile Clamond.

fourneau au coke. Ce modèle a 2,50 m. de hauteur et 1 mètre de diamètre. Il équivaut à 121 éléments Bunsen.

Pile Chaudron. — Ce modèl… cédent par quelques perfection… tails, qui le rendent d'une cons… peu sujet à se détériorer. La … trice de chaque couple est 0,06 …

Pile Noé. — Cette pile (fig. … de maillechort et d'un alliage à … Cet alliage forme de gros barr… de 12 ou 20; quatre fils de maill… dés d'une part à l'extrémité cen… reau, d'autre part à l'extrémité … barreau voisin. Les éléments so… couronnes, les soudures de de… centre; mais ces soudures ne s… fées directement, elles sont p… dans une calotte de laiton, à la… sent les fils de maillechort et … cuivre qui prolonge le barreau … termine par un cône placé au… flamme. Les soudures extérieur… des lames métalliques verticale… une grande surface de refroidiss…

Pile Riatti. — Les deux pôles … sont formés d'une dissolution de … vre à des températures différ… étroit, rempli de ce liquide, est … deux tuyaux de cuivre horizonta… inférieur est parcouru par un … froide, l'autre par un courant d…

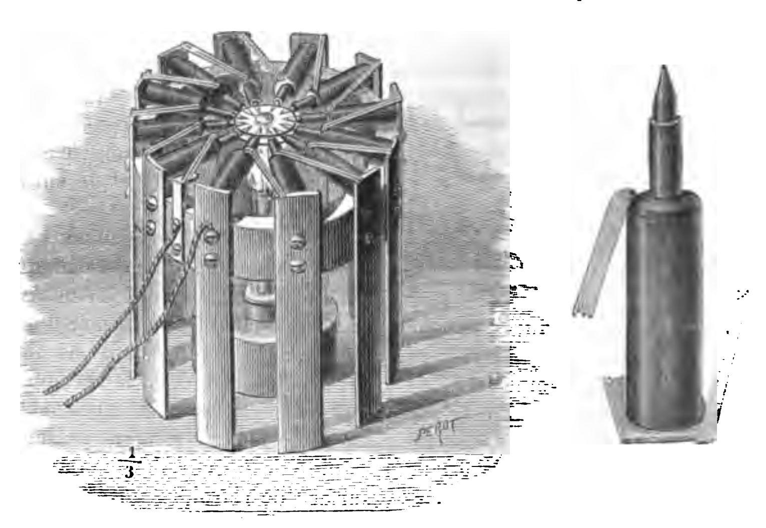


Fig. 742. — Pile de Noë.

surchauffée à 5 atmosphères. Cet appareil fonctionne comme une pile et fournit un courant sous l'influence duquel le cuivre de l'un des tuyaux se dissout, tandis qu'il se forme un dépôt du même métal sur l'autre. Cette pile est, dit-on, constante et d'un entretien …

Avantages et inconvénients des p… électriques. — Ces piles, formées uni… pièces métalliques, ont une rés… faible, et le courant qu'elles produis…

faitement constant. Malheureusement leur force électromotrice est très peu élevée, de sorte qu'il faut toujours employer un grand nombre d'éléments. De plus, le courant qu'elles donnent s'affaiblit considérablement avec le temps ; cet effet est dû sans doute à ce que les soudures s'altèrent sous l'influence de la chaleur, et qu'il se produit de légères couches d'oxyde, d'où une grande augmentation de résistance. La pile se détruit ainsi peu à peu. A cause de ces inconvénients, ces piles ne sont pas encore entrées dans la pratique; elles ne servent guère que comme thermomètres.

Piles photo-électriques ou **actino-électriques.** — Plusieurs inventeurs, notamment MM. W. Siemens, Fritts et Hopkinson, ont construit des piles au sélénium, fondées sur ce qu'un fragment de cette substance produit généralement un courant, lorsqu'il est frappé par la lumière. Ces piles n'ont reçu jusqu'à présent aucune application; M. Fritts a proposé d'employer la sienne comme photomètre.

La pile de M. Borgmann est formée de deux lames d'argent recouvertes d'iode plongeant dans les deux branches d'un tube en U rempli d'acide sulfurique étendu. Lorsqu'on éclaire une des branches, il se produit un courant. Il est fort possible que ce courant soit dû à une action chimique.

La pile de M. Minchin est constituée par un tube de verre mince rempli d'alcool, renfermant deux lames métalliques, dont l'une seulement est recouverte d'une couche de substance sensible à la lumière. Si l'on fait tomber la lumière du jour sur la plaque sensible, on obtient une force électromotrice d'environ un demi-volt. La sensibilité de la plaque diminue peu à peu et le courant finit par s'annuler. On rend à l'appareil ses premières propriétés en lui donnant de légères secousses.

Piles étalons.

Pour mesurer la force électromotrice d'une pile, on la compare ordinairement avec une pile de force électromotrice connue et parfaitement constante. Un certain nombre de piles, destinées à cet usage, sont appelées piles étalons.

On s'est servi longtemps d'un élément Daniell monté aux deux sulfates, qui vaut 0,955 volt; mais on a reconnu que sa force électromotrice peut varier de 5 à 7 p. 100 sans cause appréciable et qu'il subit très irrégulièrement l'action de la température. Aussi emploie-t-on généralement l'élément Latimer-Clark, qui n'a pas ces inconvénients. Nous décrirons d'abord quelques autres étalons.

Pile Ayrton et Perry. — Elle est formée de plaques, l'une de cuivre pur, et l'autre de zinc pur, plongeant dans une dissolution saturée de sulfate de zinc pur. D'après les auteurs, la force électromotrice serait exactement 1 volt.

Pile du Post-Office. — C'est un couple Daniell, monté de la manière suivante : cuivre dans une solution saturée de sulfate de cuivre; zinc amalgamé dans une solution demi-saturée de sulfate de zinc. Force électromotrice : 1,07 volt.

Pile Reynier. — Cet élément est formé d'un crayon de zinc amalgamé plongé dans une solution saturée de chlorure de sodium avec une large électrode de cuivre. Force électro-motrice : 0,82 volt.

Pile Debrun. — Deux vases contenant, l'un un amalgame de zinc dans le sulfate de zinc saturé, l'autre un amalgame de cadmium dans le sulfate de cadmium saturé, sont réunis par un siphon capillaire; deux électrodes de platine prennent le courant.

Pile Latimer-Clark. — Cet étalon est le plus employé aujourd'hui. Le pôle positif est formé par une couche de mercure, sur laquelle on verse une pâte épaisse formée de sulfate mercureux mélangé à l'ébullition avec une dissolution complètement saturée de sulfate de zinc. Le pôle négatif est formé par une plaque de zinc chimiquement pur, qui repose sur cette pâte. Le tout est placé dans un vase de verre qu'on bouche avec une couche épaisse de paraffine, et qu'on place dans un vase de métal bien fermé. Un thermomètre donne la température de l'élément. Cette pile ne doit jamais rester en circuit fermé. A 15°,5 la force électromotrice est 1,457 volt à 1/1000 près; elle varie de 0,006 volt par degré.

Piles médicales.

Toutes les piles peuvent servir en médecine, pourvu cependant qu'elles satisfassent à certaines conditions. La première est évidemment d'être suffisamment constante : les piles de Daniell, de Callaud, de Marié-Davy, de Leclanché, les piles au bisulfate de mercure, au chlorure de zinc ou d'argent, et même au bichromate de potasse, peuvent donc servir. La pile de Bunsen doit être généralement proscrite à cause des vapeurs qu'elle répand et de l'ennui du montage. Les piles thermo-électriques seraient commodes, à cause de leur constance et de la suppression de tout entretien, mais nous ne croyons pas qu'il en existe encore actuellement de mo-

dèle satisfaisant. Enfin l'on pourra aussi faire usage d'accumulateurs, mais surtout dans le cas où l'on posséderait, par exemple dans un hôpital, une machine dynamo-électrique pour les charger.

Outre la constance, qui est évidemment une qualité indispensable, les piles médicales doivent être d'un entretien très simple et le plus souvent d'un transport facile.

On doit enfin chercher à se procurer une pile qui, sous le plus faible volume et le plus petit poids possible, puisse satisfaire à toutes les exigences des applications médicales.

Pour ces raisons, on emploie surtout en médecine les piles au sulfate de cuivre, au bichromate de potasse ou de soude, au sulfate de mercure, aux chlorures d'ammonium, de zinc, d'argent.

Piles au sulfate de cuivre. — Les piles de Daniell, de Callaud, etc., conviennent bien aux usages médicaux par leur parfaite constance, mais elles sont peu employées à cause de leur force électromotrice peu élevée, de leur détérioration rapide en circuit ouvert et de la difficulté de les transporter.

Nous signalerons cependant le modèle de M. Chardin, dans lequel le dépôt de cuivre qui se forme ordinairement dans l'épaisseur même du vase poreux est évité par un artifice ingénieux dû à Boulay. Le zinc est placé au centre et entouré de fleur de soufre fortement tassée, maintenue par un vase poreux en papier à filtrer très épais. La lame de cuivre entoure exactement le vase poreux, et l'on verse tout autour des cristaux de sulfate de cuivre, puis de l'eau. Le dépôt de cuivre se forme dans le soufre, qui le transforme en sulfure et l'empêche de se porter sur le zinc. La pile ne s'use donc pas à circuit ouvert et peut rester montée pendant deux ans. Chaque couple est bouché hermétiquement.

Nous signalerons encore la pile Callaud, modifiée par M. Trouvé, et la pile humide de M. Trouvé, décrite plus haut, qui est très facile à transporter, mais très résistante.

Piles au bichromate. — Il n'existe qu'un petit nombre de piles médicales au bichromate.

Pile Chardin à renversement. — Cette pile est destinée à alimenter une bobine d'induction. Elle est formée d'un vase de porcelaine (fig. 743) séparé en deux compartiments A et B par une cloison percée de trous. Au repos, le liquide occupe le compartiment B et ne touche pas les électrodes zinc et charbon, qui sont suspendues à droite dans le compartiment supérieur. Il suffit de poser le vase sur le côté FG pour mettre la pile en marche. Une cloison C forme un petit compartiment muni de deux orifices

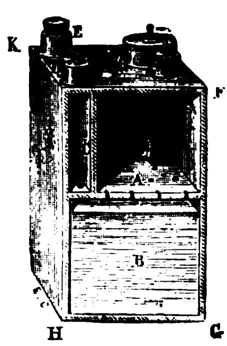


Fig. 743. — Pile Chardin à renversement.

l'un E, fermé par un bouchon de caoutchouc, sert à introduire le liquide; l'autre D est destiné à laisser échapper les gaz.

Le modèle précédent, qui présente des difficultés pour la fermeture et pour le remplacement du zinc, est remplacé généralement par le suivant (fig. 744), formé d'un vase divisé en

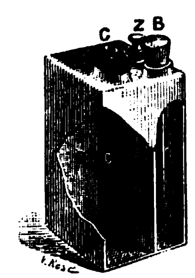


Fig. 744. — Pile Chardin.

deux compartiments étanches; l'un D contient le charbon C et le liquide excitateur. Le zinc Z est plongé dans ce compartiment seulement quand la pile est en service; au repos, il est placé dans le compartiment vide A, et l'on ferme hermétiquement l'orifice avec un bouchon de caoutchouc.

Pile hermétique Trouvé. — M. Trouvé emploie, pour alimenter ses bobines médicales, ainsi que pour les bijoux lumineux, etc., une petite pile à renversement, contenant du bichromate ou du sulfate de mercure, et que le liquide remplit seulement à moitié. Le zinc et le charbon, qui lui est concentrique, sont suspendus au couvercle (fig. 745). Tant que la pile reste verticale, le liquide ne baigne pas le zinc, et le courant ne passe pas; il suffit de la renverser pour la mettre en marche. L'enveloppe en ébonite ferme hermétiquement.

Pile Trouvé pour galvanocaustique. — Les piles au bichromate sont plutôt employées comme éléments à grand débit pour illuminer la lampe d'un appareil médical ou porter au rouge le fil de platine d'un cautère galvanique.

La pile à treuil décrite plus haut peut servir à cet usage. Le modèle de M. Trouvé (fig. 746) est commode et peu embarrassant. Le liquide est contenu dans des auges plates en ébonite ; les plaques de zinc et de charbon sont suspendues à un treuil qui permet de les plonger dans le liquide ou de les en retirer instantanément.

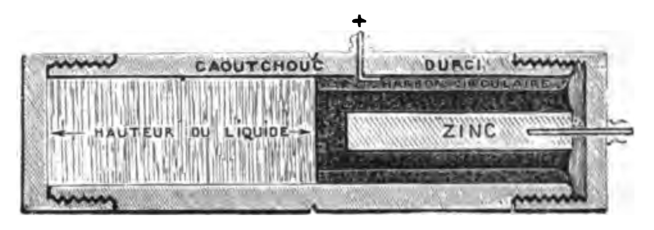


Fig. 745. — Pile à renversement (Trouvé).

On peut faire varier la résistance et la surface attaquée en enfonçant plus ou moins les lames, ce qui permet de régler le débit. En les descendant peu à peu, on peut obtenir un courant constant pendant plusieurs heures. Cette pile est capable de donner pendant ce temps des effets énergiques : elle convient bien à la production de la lumière. L'arrêt X empêche les éléments de sortir du vase.

M. Trouvé construit un autre modèle (fig. 747), qui donne des effets très énergiques et qui est facile à transporter. Les éléments sont encadrés dans trois plaques d'ébonite reliées par une poignée. Les plaques zinc et charbon sont maintenues écartées par des jarretières de caoutchouc, et les éléments sont assemblés par des contacts mobiles. On immerge le tout ensemble dans une cuvette de caoutchouc remplie de liquide. Un tube de caoutchouc permet d'insuffler de l'air pour activer la dépolarisation.

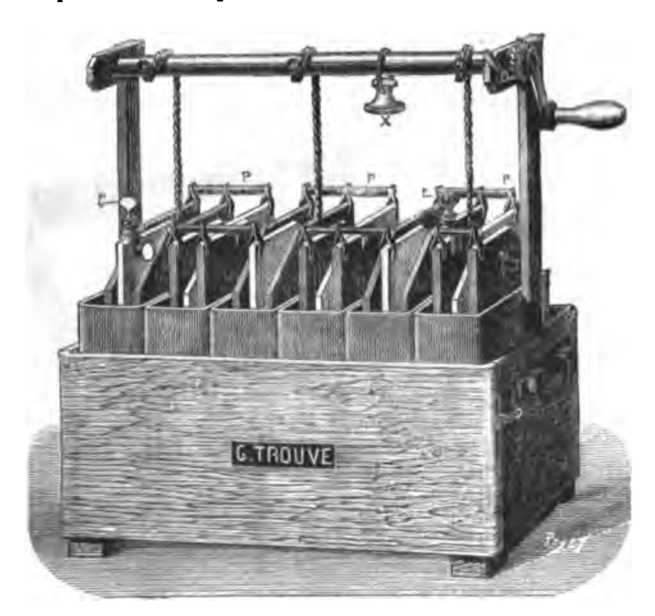


Fig. 746. — Pile à treuil de Trouvé.

Pile Chardin pour galvanocaustique. — Dans ce modèle, une tablette de bois soutient les éléments F et porte les accessoires nécessaires : collecteur, ampèremètre, etc. Il y a de chaque côté trois zincs et quatre charbons ; les plaques de même espèce sont réunies en quantité. Pour se servir de la pile, on fait monter la tablette de bois à l'aide de la roue centrale D (fig. 748),

qui commande une vis placée dans la colonne

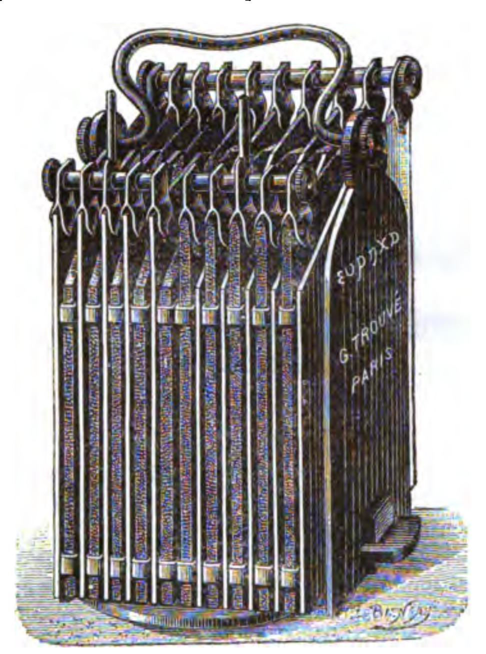


Fig. 747. — Batterie portative à grande surface (Trouvé).

médiane taraudée. Les deux cylindres H servent de guides. On soulève ainsi les éléments, et l'on introduit au-dessous les auges d'ébonite L, a moitié remplies du liquide. On manœuvre ensuite la vis D en sens contraire, de façon à faire plonger les éléments de la quantité voulue. Quand on ne se sert plus de la pile, on soulève de nouveau les éléments, et l'on permute les auges d'ébonite L et M; les premières se trouvent fermées hermétiquement par les plaques de caoutchouc I, quand on redescend la tablette; les autres reçoivent les gouttes de liquide qui tombent des éléments. La boite ne peut se fermer tant que la pile est en fonction; on est ainsi assuré de ne pas abandonner les éléments dans le liquide. Cette pile est souvent remplacée par la pile Boisseau du Rocher.

Pile Aubry pour galvanocaustique thermique. — Cette pile (fig. 749) est formée de deux auges remplies de bichromate de potasse. Les éléments, réunis en quantité, peuvent être immergés plus ou moins complètement.

Pile Boisseau du Rocher. — Le principe de cette pile est représenté par la figure 750. Au repos, le liquide est dans le compartiment B, et les éléments (non figurés) sont suspendus dans le compartiment C. On fait monter le liquide par le tube central en insufflant de l'air par la

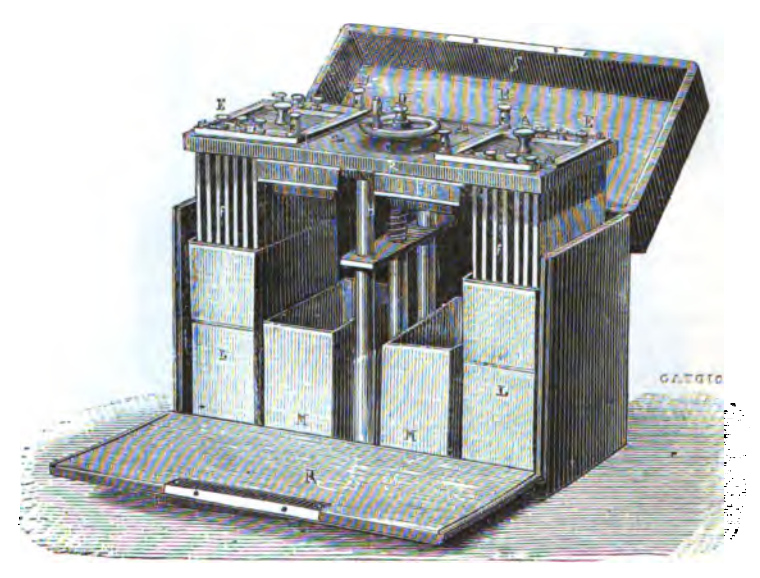


Fig. 748. — Pile à grand débit (Chardin).

poire L; on ferme ensuite le robinet M. Quand tout le liquide est monté, on peut continuer à insuffler de l'air pour dépolariser. Quand on emploie plusieurs éléments, les tubes de caoutchouc sont reliés à une même poire, pour obtenir une répartition uniforme de l'air. A cet effet, le Dr Boisseau du Rocher a fixé devant les auges un réservoir à air, portant des amorces en nombre égal aux auges, et reliées à celles-ci par des tubes en caoutchouc. L'appareil à insuf-

e robinet de vidange sont eux-
ȝ sur ce réservoir de répartition de

ɪulfate de mercure. — Ces piles sont
:onviennent le mieux pour l'applica-
ɪrants continus, parce que leur cons-

tance et leur force électromotrice assez él
permettent de diminuer un peu le nombre
éléments nécessaires.

Pile Trouvé. — Le modèle de M. Trc
(fig. 751) comprend 20, 30 ou 40 élément
sulfate acide de mercure, placés dans une b

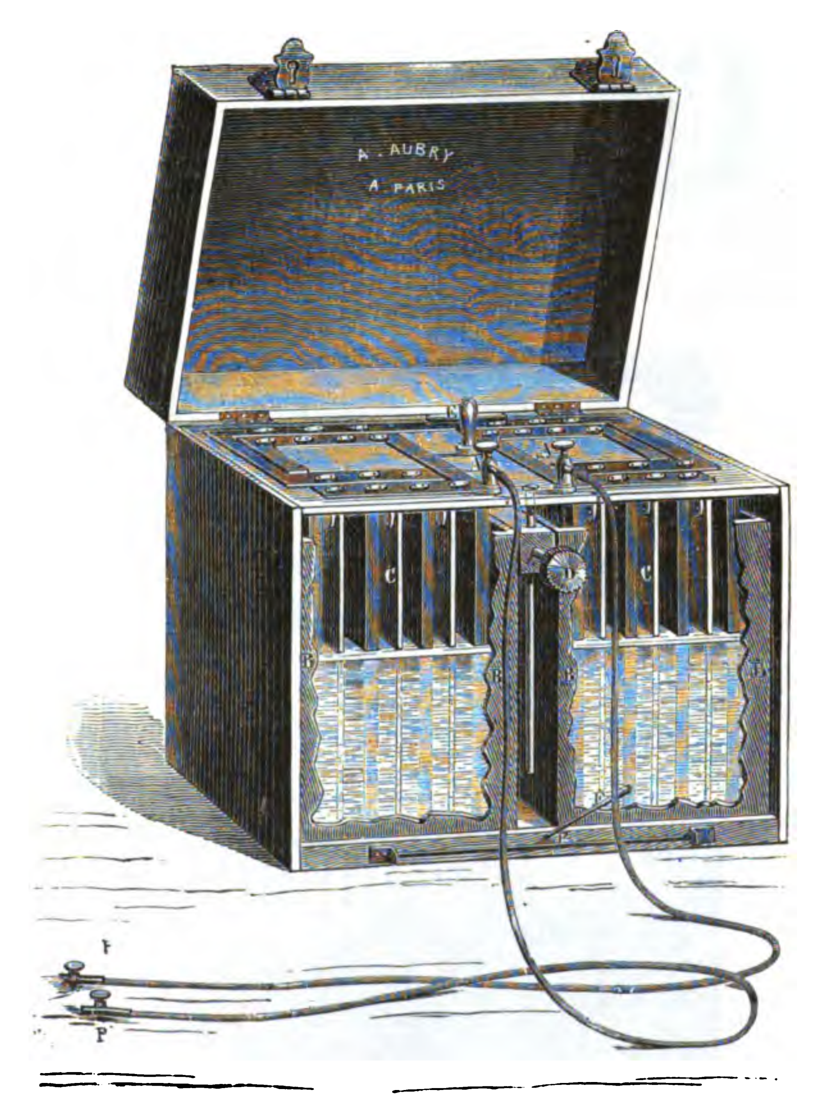


Fig. 749. — Pile Aubry.

ɪrtative. Les électrodes sont formées de
rayons, dont deux de charbon taillés dans
ɔc, et un en zinc. La caisse à comparti-
. qui renferme le liquide peut être soule-
us ou moins pour faire varier le débit. La
hette supérieure porte un collecteur qui
ɜt de prendre, sans interruption et sans

secousses, un nombre quelconque d'élémeı
un ampèremètre gradué de 0 à 350 milliampèı
un inverseur de courant, etc. L'ampèremè
porte, aux deux bouts de l'aiguille, deux g
duations, l'une en milliampères, l'autre en
grés. Cette double graduation permet de fa
l'étalonnage avec plus de précision.

Pile Chardin. — La batterie au bisulfate de mercure (fig. 752) peut suffire parfaitement à la plupart des usages médicaux. Elle est formée d'éléments zinc-charbon, dout l'un est représenté à part, et qui contiennent chacun un flotteur de liège L. Quand la pile est au repos, les éléments sont soulevés, et les flotteurs, remontant à la surface du liquide, ferment les vases d'une façon suffisante pour qu'on puisse transporter l'appareil sans renverser le bisulfate. Lorsqu'on abaisse les éléments pour se servir de la pile, ils poussent les flotteurs, qui s'enfoncent et font remonter le liquide à la partie supérieure des vases. La boîte qui renferme la batterie ne peut d'ailleurs se fermer que si l'on a mis d'abord les piles au repos : on est donc à l'abri des suites d'une négligence.

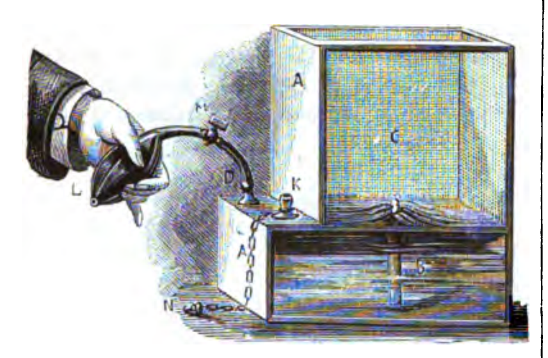


Fig. 750. — Pile Boisseau du Rocher.

Pile Gaiffe. — Les appareils portatifs d'induction de M. Gaiffe sont actionnés par deux petits éléments au sulfate mercurique (fig. 753). Les charbons CC' sont fixés au fond de la double cuvette d'ébonite. Un peu d'eau et une pincée de sulfate, qu'on puise avec une petite mesure

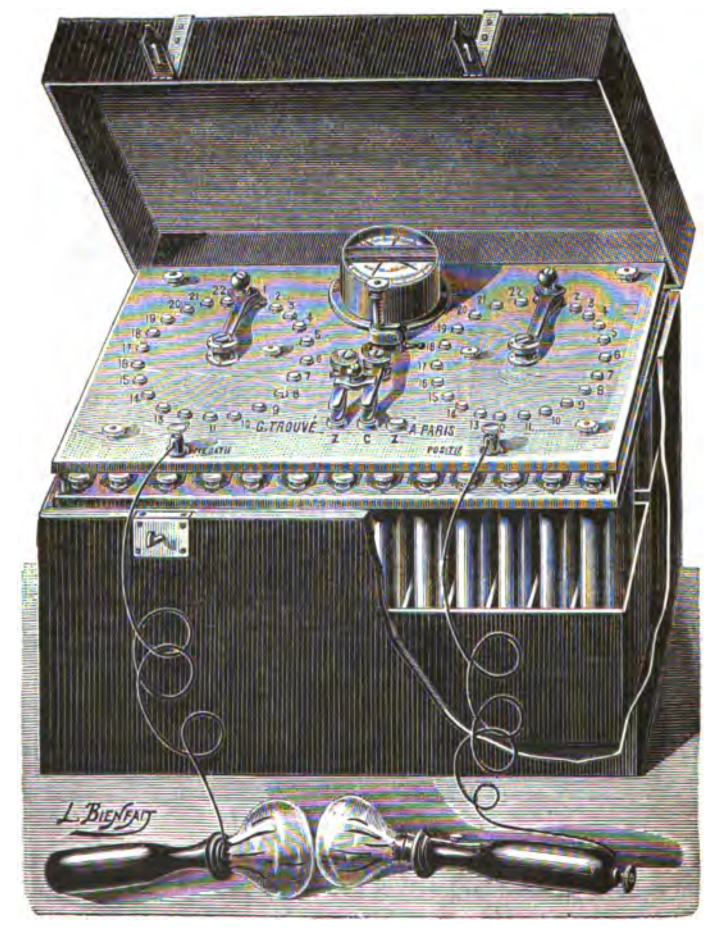


Fig. 751. — Pile Trouvé.

llacon joint à l'appareil, forment la .écessaire. Les zincs ZZ' sont maintenus etite distance des charbons : les communications sont établies par des ressorts petits couples peuvent servir vingt à trent nutes (Voy. BOBINES MÉDICALES).

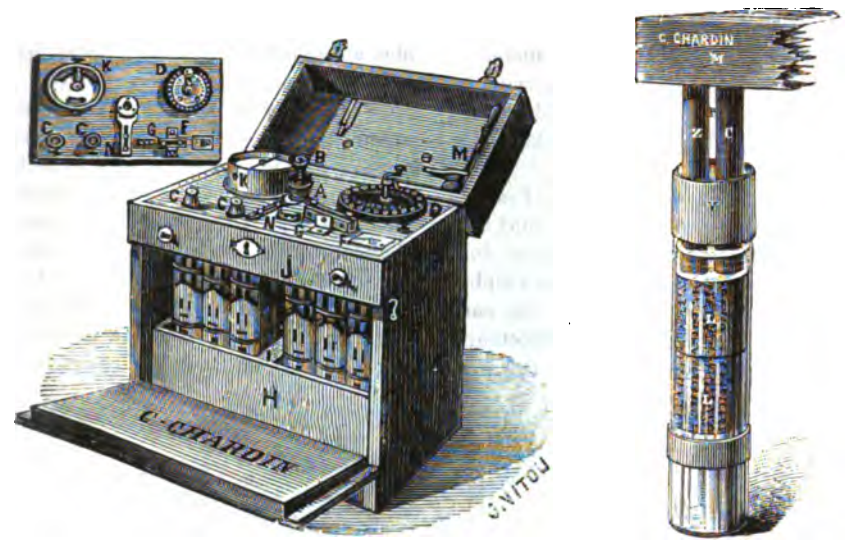
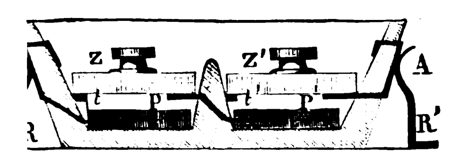


Fig. 752. — Batterie au bisulfate de mercure à flotteurs (Chardin).

s aux chlorures d'ammonium, de zinc, nt. — La pile Leclanché et ses diverses ıcations peuvent servir aux usages médisi l'on ne se propose qu'un emploi interıt. Nous signalerons la pile de Gaiffe, dans le le chlorhydrate d'ammoniaque est acé par du chlorure de zinc, qui est délient et par suite empêche la formation des rimpants. Le charbon a la forme d'un ıre creux C (fig. 754), que l'on remplit de



r. 753. — Petite pile au sulfate de mercure (Gaiffe).

ıes alternatives de peroxyde de manganèse charbon. Un crayon de zinc Z complète lément.

Gaiffe construit aussi des batteries portaau chlorure d'argent. Elles sont formées ·uples analogues à ceux de la pile Warren . Rue, décrite plus haut, mais le liquide ateur est formé de chlorure de zinc. Le amalgamé Z et la lame d'argent, entourée hlorure d'argent fondu Y enfermé dans un de toile, sont fixés au couvercle GH d'un étui d'ébonite ST contenant le liquide, qu



Fig. 754. — Pile au chlorure de zinc (Gaiffe).

libre ou maintenu dans les pores d'un cous de papier buvard (fig. 755).

La figure 756 montre une batterie formée de 36 de ces couples, répartis dans six casiers ou tiroirs superposés; les pôles de chaque couple s'appuient sur des ressorts disposés sur les parois opposées des tiroirs, et qui établissent automatiquement les communications. Les manettes MM' permettent d'intercaler dans le circuit un nombre quelconque de couples, afin de mieux répartir l'usure. Un galvanomètre est placé dans le couvercle.

Collecteurs pour piles médicales. — Les batteries destinées aux usages médicaux sont munies d'un certain nombre d'accessoires dont quelques-uns ont été décrits à leur place alphabétique (ampèremètres, renverseurs de courant, etc.). Nous parlerons ici des collecteurs.

Il est indispensable, dans l'emploi des courants continus, d'éviter d'interrompre ou de faire passer brusquement le courant, ou même de faire varier trop rapidement son intensité ; on produirait ainsi une variation brusque de potentiel accompagnée de sensations désagréables ou même douloureuses pour le malade.

D'autre part, il est indispensable de pouvoir faire varier à volonté la grandeur des effets obtenus. Deux dispositions peuvent être employées : l'une consiste à se servir toujours de tous les éléments et à intercaler dans le circuit une résistance variable pour produire des changements d'intensité; la seconde consiste à faire varier le nombre des éléments employés.

Dans le premier cas, on peut placer dans le circuit un rhéostat solide ou liquide, ce qui a l'avantage d'user tous les couples également.

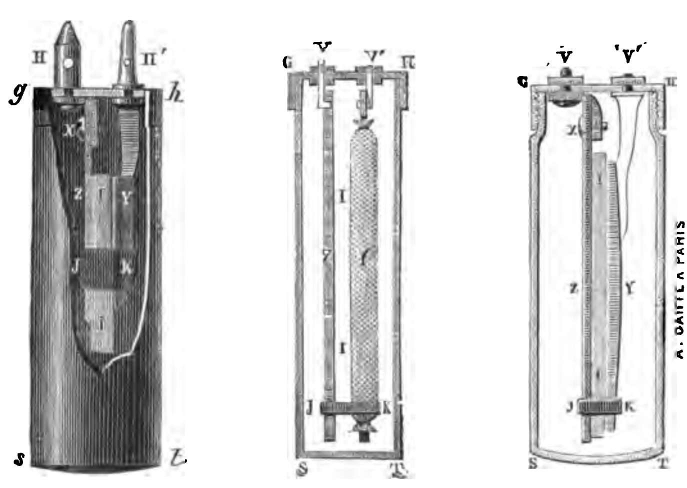


Fig. 755. — Couple au chlorure d'argent (Gaiffe).

L'emploi des collecteurs est plus simple et moins embarrassant.

L'expérience a montré qu'une variation de 2 ou 3 volts se fait à peine sentir : on peut donc introduire les éléments ou les supprimer soit un par un, soit deux par deux.

Le collecteur de M. Gaiffe est très simple. Le pôle négatif de la pile est fixé au trou N dans lequel on place l'un des rhéophores (fig. 757); les pôles positifs sont reliés de deux en deux à des boutons isolés, derrière lesquels on voit une règle métallique qui porte les chiffres correspondant à chacun d'eux. Cette règle reçoit le second rhéophore et porte un curseur C, qu'on fait glisser jusqu'au chiffre indiquant le nombre d'éléments qu'on veut employer. L'extrémité de ce curseur qui frotte sur les boutons isolés est élargie, de sorte qu'elle peut en toucher deux à la fois : grâce à cette disposition, le courant n'est jamais interrompu quand on fait glisser le curseur.

L'appareil précédent a le défaut de ne pas user également tous les couples : ce sont toujours les mêmes qu'on prend d'abord quand on ne veut qu'une faible intensité; ils s'usent donc plus vite et doivent être remplacés avant les autres. Aussi n'emploie-t-on cette disposition qu'avec un petit nombre d'éléments.

Le collecteur suivant n'a pas le même défaut. La figure 758 montre son principe et sa disposition Un certain nombre d'éléments, douze par exemple, sont disposés en tension de sorte que le pôle positif est en P et le pôle négatif en N. Une double rangée de boutons métalliques, 12, 11, 10..., 0, reliés deux à deux par des fils conducteurs, communiquent en outre, les

douze premiers avec les douze pôles positifs, le dernier avec le pôle négatif N.

Deux ressorts A et B mobiles sur les rainures *aa*, *bb*, communiquent avec les rhéophores. Dans la position figurée, on utilise 9 — 3, c'est-à-dire 6 éléments à partir du quatrième ; le pôle positif de ces éléments est en A et le pôle négatif en B. Si l'on amenait le ressort A sur le bouton 3 et B sur le bouton 9, les mêmes éléments seraient employés, mais le courant changerait de sens, B devenant le pôle positif et A le pôle négatif. On voit que le nombre des cou-

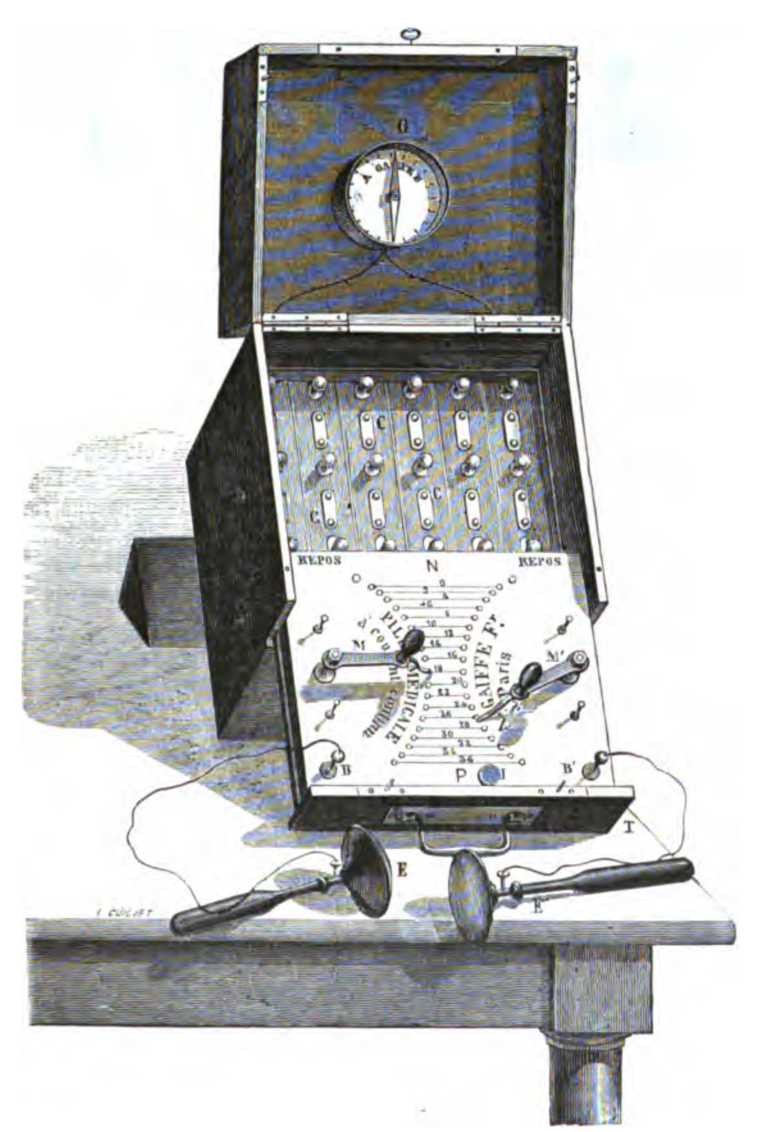


Fig. 756. — Batterie au chlorure d'argent.

ples utilisés est toujours égal à la différence des chiffres sur lesquels on place les deux ressorts : sur la figure, le pôle positif correspond au chiffre le plus fort. On dispose ordinairement les deux séries de boutons sur deux cercles : les ressorts A et B sont remplacés par des manettes M et M', mobiles autour de leurs centres et élargies à l'extrémité, afin qu'on puisse passer d'un bouton au suivant sans interruption. Les bornes RR' représentent les deux pôles. On peut avec cet appareil prendre successivement tous les couples, et par suite les user régulièrement. En I et C se trouvent un interrupteur et un commutateur. Un galvano-

mètre, non figuré, mesure l'intensité en ampères. Enfin, si l'appareil fonctionne mal, il est toujours facile de trouver quel est le couple en mauvais état : pour cela on ferme le circuit en plaçant en RR' les deux bouts d'un même rhéophore et l'on prend sucessivement et séparément chacun des éléments.

Emploi des piles médicales. — Dans les applications médicales, il est nécessaire d'obtenir dans chaque cas une certaine intensité. Il est donc intéressant de chercher quel nombre d'éléments il faut avoir à sa disposition pour produire l'intensité maxima dont on puisse avoir besoin. Calculons ce nombre en prenant comme intensité maxima 30 milliampères, ce qui est le cas le plus fréquent.

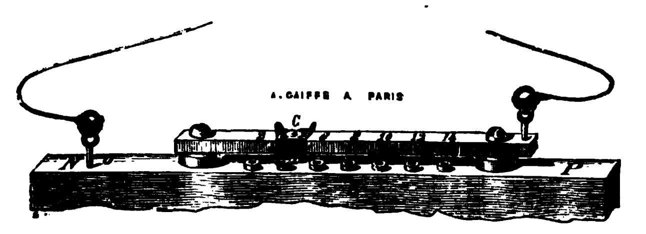


Fig. 757. — Collecteur simple.

Les piles qui nous occupent peuvent être divisées en quatre types principaux. Celles au bisulfate de mercure possèdent une force électromotrice de 1,35 volt et une résistance faible, environ 1 ohm. Les piles de Leclanché et celles au chlorure de zinc ont une force électromotrice de 1,33 volt avec une résistance de 2-6 ohms. Enfin les piles au sulfate de cuivre Daniell, Callaud, Callaud-Trouvé, ne représentent qu'une force électromotrice d'environ 1 volt : leur résistance, qui varie de 6 à 15 ohms dans les modèles ordinaires, atteint 100 et 150 ohms dans certains dispositifs, comme la pile à rondelles de papier de Trouvé.

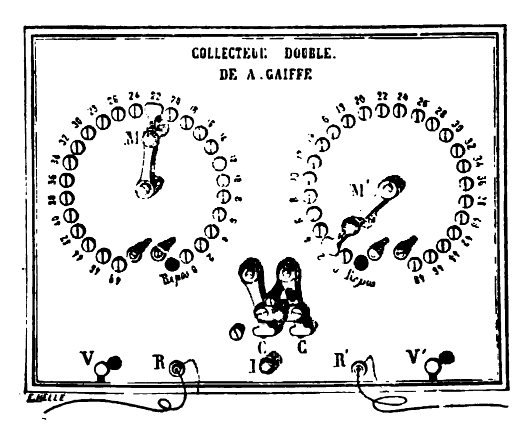


Fig. 758. — Collecteur double.

Examinons successivement les résultats que peuvent donner ces différents types. L'intensité est donnée par la formule

$$I = \frac{nE}{R + nr},$$

d'où l'on tire

$$n = \frac{IR}{E - Ir}.$$

Prenons d'abord le premier groupe dont la résistance r est 1 et la force électromotrice 1,5. Pour avoir une intensité de 0,030, avec un circuit extérieur de résistance 2 000 ohms, il faudra prendre

$$n = \frac{0,03 \times 2000}{1,5 - 0,03} = 40,8.$$

Il faudra donc 41 éléments de ce modèle.

Pour le second type, prenons $E = 1,35$ et la résistance la plus grande, 6 ohms.

$$n = \frac{0,03 \times 2000}{1,35 - 0,03 \times 6} = 51,2.$$

Il faudrait donc 52 couples pour obtenir la même intensité; on trouverait seulement 47 pour les modèles les moins résistants ($r = 2$ ohms). Considérons maintenant les piles au sulfate de cuivre. Faisons $E = 1$ et $r = 15$, ce qui donne

$$n = \frac{0,03 \times 2000}{1 - 0,03 \times 15} = 109,09.$$

Il faut donc 110 de ces éléments.

Enfin si nous considérons les piles du même genre à très forte résistance ($r = 150$ ohms), nous aurons

$$n = \frac{0,03 \times 2000}{1 - 0,03 \times 150} = \frac{60}{1 - 4,50}.$$

On voit donc que dans ce cas le problème est insoluble, puisque le dénominateur de la fraction est négatif, ce qui veut dire que, quel que soit le nombre de ces éléments employés, on ne pourra jamais obtenir une intensité de 30 milliampères.

Pour vérifier ce résultat, cherchons quelle intensité maximum on peut avoir en associant en tension un nombre quelconque d'éléments. On a

$$I = \frac{nE}{R + nr}.$$

Comme E et r sont fixes, la condition la plus favorable est évidemment d'avoir $R = 0$, ce qui donne

$$I = \frac{nE}{nr} = \frac{E}{r}.$$

Dans le cas que nous étudions, cette équation donne

$$I = \frac{1}{150} = 0,0066.$$

Ainsi, dans les conditions les plus favorables, c'est-à-dire avec un circuit extérieur de résistance nulle ou négligeable, ces piles ne pourront fournir, quel que soit le nombre des éléments associés *en tension*, qu'une intensité maximum de 60 milliampères.

Le médecin doit donc choisir de préférence une pile *à faible résistance*. Avec les piles au bisulfate de mercure, 40 éléments environ suffiront aux besoins ordinaires, tandis qu'avec celles du second groupe il en faudra environ 50, et 110 avec celles au sulfate de cuivre les moins résistantes. Enfin, les piles très résistantes, loin d'être avantageuses, comme on l'a prétendu quelquefois, doivent être rejetées, car elles sont insuffisantes dans la plupart des cas et ne peuvent servir que pour des intensités extrêmement faibles.

Piles militaires.

L'art militaire fait usage de piles pour la *mise de feu* des mines, forages, puits, etc., la télégraphie, la téléphonie, etc. La plupart des piles décrites plus haut (piles Bunsen, Daniell, Callaud, Leclanché, de Lalande, pile au bichromate, etc.) peuvent servir à ces usages. Nous signalerons cependant quelques modèles disposés plus spécialement pour les applications militaires.

Une seule pile est réglementaire en France pour le service des explosions; elle porte le nom de *pile des parcs*. Un cylindre d'ébonite (fig. 759) est rempli jusqu'au tiers par 120 grammes d'eau dans laquelle on ajoute, à l'aide de petites mesures, 3 grammes de chlorochromate et 10 grammes de sulfate de potasse. Un plongeur en gutta-percha est percé de quatre trous cylindriques parallèles, revêtus intérieurement d'une feuille de zinc, et contenant quatre cylindres de charbon; ces quatre éléments sont assemblés en série et aboutissent à des bornes, fixées sur le plongeur, et auxquelles on attache les extrémités du circuit. Pour faire passer le courant, il suffit d'enfoncer le plongeur dans le vase d'ébonite.

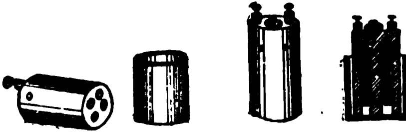


Fig. 759. — Pile des parcs.

La télégraphie et la téléphonie militaires font usage de piles hermétiques et facilement transportables.



Fig. 760. — Pile hermétique Leclanché pour télégraphie militaire.

La figure 760 représente un modèle hermétique de pile Leclanché, destiné spécialement à cette application, et dont l'intérieur ne présente du reste aucune modification.

La pile humide de Trouvé, décrite plus haut, peut servir au même usage. Le modèle destiné à la télégraphie militaire (fig. 761) est formé de



Fig. 761. — Pile humide Trouvé pour télégraphie militaire.

trois boîtes en ébonite superposées, renfermant chacune trois couples. Une courroie rend le transport facile.

En Italie, la téléphonie militaire emploie la pile Trouvé à renversement (fig. 745).

La télégraphie militaire espagnole se sert depuis peu de temps d'une pile imaginée par MM. Siemens frères, de Londres, et qui a rem-

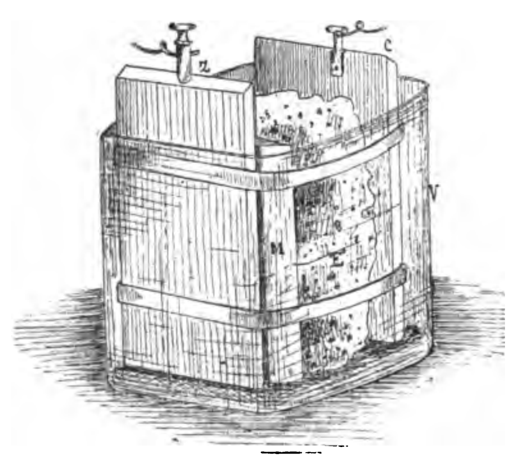


Fig. 762. — Pile Siemens (télégraphie militaire espagnole).

placé la pile Siemens et Halske, de Berlin. Elle dérive du système Marié-Davy. Des jarretières de caoutchouc maintiennent ensemble une plaque de charbon C, une plaque de zinc Z, une éponge humide E et une masse M formée de sulfate mercureux aggloméré par pression. Un vase solide en ébonite V reçoit le tout (fig. 762); 12 éléments ne pèsent pas plus de 3 kilogrammes. Cette pile est donc légère, peu embarrassante, assez énergique et ne renferme pas de liquide libre.

Accouplement des piles. — Voy. COUPLAGE.

Effets des piles. — Voy. EFFETS et ÉLECTROLYSE.

Pile secondaire. — Voy. ACCUMULATEUR.

Pile locale. — Pile placée au point considéré et dont le courant doit traverser, au moment voulu, un circuit de petite longueur et purement local. En télégraphie, ce circuit comprend un relais ou tout autre appareil auxiliaire.

PINCE EXPLORATRICE. — Voy. EXPLORATEUR.

PINCE GALVANO-CAUSTIQUE. — Syn. de ANSE GALVANIQUE.

PINCE THERMO-ÉLECTRIQUE. — Sorte de thermomètre électrique (voy. ce mot) formé de deux éléments thermo-électriques montés en série. Le corps chaud est placé en contact avec les deux soudures. Cette disposition a été employée notamment par Wiedemann et Franz pour étudier la conductibilité calorifique des solides.

PISTOLET MAGNÉTIQUE. — Appareil servant à vérifier les lois des aimants tubulaires, et imaginé par du Moncel. C'est un électro-aimant dont le noyau est un cylindre creux, dans l'intérieur duquel on place, près d'une extrémité, un bouchon de fer pouvant glisser librement. Lorsqu'on fait passer le courant, ce bouchon prend la même aimantation que le pôle voisin, et la répulsion de celui-ci le projette à plusieurs mètres.

PISTOLET DE VOLTA. — Petit vase métalli-



Fig. 763. — Pistolet de Volta.

que D traversé en un point par une tige de cuivre isolée A qui se termine intérieurement à une petite distance de la paroi opposée. On remplit

cet appareil d'un mélange détonant d'oxygène et d'hydrogène ou même de gaz d'éclairage et d'air, et l'on fait passer une étincelle en approchant la tige isolée d'une machine électrostatique, le vase lui-même étant relié au sol. Le mélange détone et le bouchon est projeté (fig. 763).

PLAN D'ÉPREUVE. — Petit appareil imaginé par Coulomb pour étudier la distribution de l'électricité à la surface d'un conducteur en équilibre. Le plan d'épreuve est formé d'un très petit disque conducteur fixé à l'extrémité d'un fil de verre verni à la gomme laque et terminé par un fil de gomme laque, pour mieux isoler le disque.

En appuyant ce disque sur la surface du conducteur étudié, il se substitue à l'élément de surface qu'il recouvre, et prend la charge de cet élément. On pourra donc connaître cette charge en enlevant le plan d'épreuve bien normalement et le portant, en guise de boule fixe, dans la balance de torsion, dont la boule mobile recevra une charge constante. On détermine la torsion nécessaire pour maintenir la boule mobile à une distance donnée. Si l'on répète cette opération en touchant avec le plan d'épreuve différents points de la surface, les torsions observées sont proportionnelles aux charges de ces points. Le cylindre de Faraday offre une méthode plus simple et plus commode.

PLANTE ÉLECTRIQUE. — Un journal de Madras contient la description suivante d'une plante électrique qui aurait été découverte dans l'Inde :

A une distance de 6 mètres, l'aiguille aimantée est impressionnée; elle est entièrement affolée si on l'approche près de la plante. L'énergie de cette singulière influence varie avec l'heure du jour. Toute-puissante à 2 heures après midi, elle est absolument nulle pendant la nuit. Dans un temps d'orage, son intensité augmente dans une remarquable proportion. Quand il pleut, la plante semble succomber et incline la tête sans force, même si elle est protégée contre la pluie. A ce moment, on ne ressent aucun choc en brisant ses feuilles et en outre l'aiguille aimantée demeure immobile. Personne n'a vu d'oiseau ni d'insecte se poser sur la plante électrique ; un instinct semble les avertir qu'ils trouveraient là une mort certaine.

PLAQUE DE GARDE. — Syn. d'ANNEAU DE GARDE.

PLAQUE DE TERRE. — Plaque métallique qui termine un fil de terre et s'enfonce dans un terrain humide pour établir la communication avec le sol.

PLATEAU ÉLECTRIQUE. — Plateau de verre ou de résine qu'on électrise par frottement.

PLATINAGE. — Opération ayant pour but de recouvrir un objet métallique d'un dépôt de platine par l'électrochimie. Roseleur fait dissoudre à chaud 10 grammes de platine laminé ou mieux de mousse de platine dans un mélange de 150 grammes d'acide chlorhydrique et de 100 grammes d'acide azotique à 40°. Quand la dissolution est assez épaisse, on laisse refroidir, on ajoute 500 grammes d'eau distillée et on filtre. On dissout d'autre part 100 grammes de phosphate d'ammoniaque dans 500 grammes d'eau. On mélange : il se forme un précipité abondant de phosphate ammoniaco-platinique, et la liqueur est orangée. On ajoute peu à peu, en agitant, 500 grammes de phosphate de soude dissous dans un litre d'eau. On fait bouillir jusqu'à ce que la solution devienne acide et incolore. Ce bain doit être employé chaud, avec un courant assez énergique. On l'entretient au degré convenable par l'addition du précipité de phosphate ammoniaco-platinique.

M. W. H. Wahl, de Philadelphie, a proposé récemment l'emploi de bains alcalins, formés de

Hydrate de platine.......	12,48 grammes
Potasse caustique........	50 grammes.
Eau distillée.............	1 000 —

On dissout la moitié de la potasse dans 250 grammes d'eau, on ajoute l'hydrate de platine en agitant, puis on dissout le reste de la potasse dans une égale quantité d'eau et l'on mélange. Si l'on veut un dépôt épais, on ajoute quelques goutttes d'acide acétique. L'anode peut être en platine ou en charbon. La température ne doit pas dépasser 40°. On emploie une force électromotrice de 2 volts et le dépôt se fait rapidement.

Le même auteur emploie aussi des bains à l'acide oxalique et à l'acide phosphorique ; ces derniers contiennent :

Acide phosphorique sirupeux (D = 1,7).	50 gr.
Hydrate de platine	12 à 15
Eau distillée..........................	1 000

On étend l'acide d'un peu d'eau et l'on dissout l'hydrate à l'ébullition, en remplaçant l'eau qui s'évapore, puis on réduit à 1 litre. Ce bain s'emploie à chaud ou à froid, avec un courant un peu plus fort que le précédent.

Le platinage s'est beaucoup développé dans ces dernières années. Le dépôt de platine, mat

et d'un gris perlé, est très dur et doit être bruni en frottant fortement avec des brosses en fer. Pour avoir un dépôt très mince, on brunit la pièce avant de la mettre dans le bain; il suffit ensuite de frotter le dépôt à la peau et au rouge d'Angleterre.

PLATINOIDE. — Alliage imaginé par M. Martino, de Sheffield, et formé de maillechort mélangé avec 1 à 2 p. 100 de tungstène. Les constructeurs anglais l'ont substitué au maillechort dans la construction des bobines de résistance, parce que sa résistance varie encore moins avec la température. Sa résistance spécifique est 1,5 fois celle du maillechort, laquelle est 21,7 microhms. La variation par degré centigrade est 0,000208 microhm, d'après M. Bottomley, tandis qu'elle est 0,00044 pour le maillechort.

PLATYMÈTRE. — Condensateur double imaginé par sir W. Thomson et formé d'un cylindre *cc* autour duquel sont disposés deux anneaux *p* et *p'*, de même longueur et de même rayon, concentriques au cylindre, et parfaitement isolés (fig. 764). Ces deux anneaux sont assez éloignés pour ne pas s'influencer réciproquement. Le cylindre *cc* communique avec un électromètre.

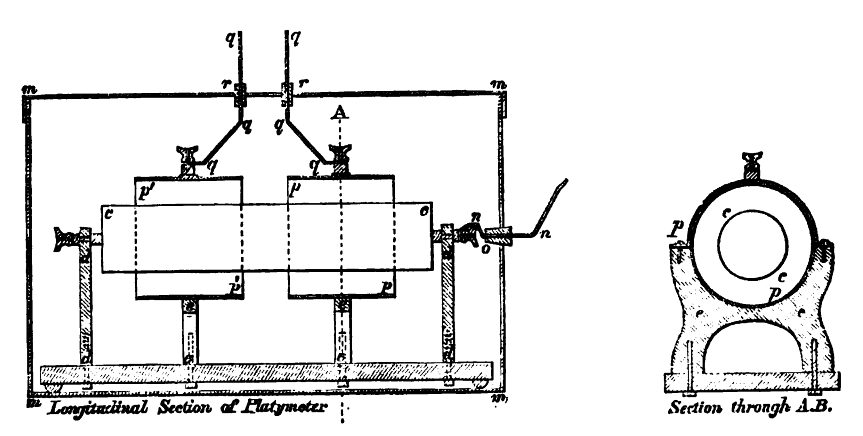


Fig. 764. — Platymètre (coupe longitudinale et transversale).

Le platymètre sert à mesurer les capacités. Si l'on porte l'un des anneaux *p* à un potentiel V et qu'on le mette en communication avec l'anneau *p'*, le potentiel devient $\frac{V}{2}$ par le partage des charges, et le potentiel du cylindre reste nul. On relie alors les deux anneaux *pp'* aux deux capacités que l'on veut comparer. Si le potentiel du cylindre *cc* reste encore nul, ces deux capacités sont égales.

Si les anneaux *pp'* n'avaient pas la même capacité, tout se passerait encore de même, mais, dans la seconde expérience, les capacités comparées, au lieu d'être égales, seraient dans le même rapport que celles des anneaux.

PLOMB DE SURETÉ. — On donne ce nom à des dispositions semblables à celles du coupe-circuit: un fil ou une lame fusible de plomb ou d'étain interposé sur un conducteur pour éviter les accidents provenant d'une augmentation anormale de l'intensité.

PLOT. — Le plot ou *goutte de suif* est une petite pièce métallique, en forme de calotte sphérique très aplatie, sur laquelle vient s'appuyer la manette de certains commutateurs ou interrupteurs pour établir les contacts (voy. fig. 167). On donne encore le nom de plots aux bandes métalliques disposées sur les boîtes de résistances et sur certains commutateurs à fiches.

PLUIE DE FEU. — Expérience imaginée par du Moncel. Deux plaques de verre parallèles sont recouvertes extérieurement de feuilles d'étain communiquant avec les deux pôles d'une bobine d'induction. On observe entre les lames de verre une véritable pluie de feu.

PLUME ÉLECTRIQUE. — Plusieurs inventeurs ont imaginé des dispositions permettant de reproduire les dessins ou l'écriture en perçant le papier d'une foule de petits trous.

M. Martin de Brettes pose le dessin, imprégné de cyanure jaune, sur une feuille de cuivre en communication avec le pôle positif d'une bobine de Ruhmkorff, et promène à sa surface un fil de platine en communication avec l'autre pôle; les étincelles percent le papier en suivant le dessin. Ce procédé a été appliqué à la

reproduction des dessins sur les étoffes à broder.

M. Bellet remplace le fil de platine par un crayon à la mine de plomb, de sorte que le



Fig. 765. — Plume électrique Edison.

dessin est perforé pendant qu'on le trace.

La plume électrique d'Edison consiste en un petit moteur mû par une pile et fixé au sommet d'un tube terminé en pointe, qui présente les dimensions d'un porte-plume ordinaire (fig. 765). Le moteur commande un arbre qui tourne sur lui-même et communique, à l'aide d'une came triangulaire, un mouvement de va-et-vient très rapide à une aiguille placée dans l'intérieur du tube. L'aiguille se trouve ainsi projetée hors du tube 9000 à 10000 fois par minute. Si on promène la plume sur une feuille de papier reposant sur du papier buvard, on peut écrire aussi vite qu'avec une plume ordinaire; mais les caractères sont formés d'une série de petits trous extrêmement rapprochés. Le patron ainsi obtenu est tendu sur un châssis et l'on passe sur sa surface un rouleau imprégné d'encre. L'encre traverse les trous et imprime les caractères sur une feuille blanche placée au-dessous. Un seul patron peut donner 2000 copies à raison de 300 à 400 par heure. On peut faire deux patrons à la fois, en écrivant sur deux feuilles superposées.

PLUVIOGRAPHE OU PLUVIOMÈTRE ENREGISTREUR. — Appareil inscrivant la hauteur d'eau tombée. Le modèle représenté figure 766 renferme à gauche le cylindre destiné à recevoir l'eau de pluie, qui est relié, comme d'ordinaire, à un entonnoir de même diamètre disposé au haut de l'édifice. Le tracé des abscisses et des ordonnées se fait sur l'appareil même. Pour cela, on dispose d'abord la feuille de papier sur le cylindre de droite, et on la divise en abscisses et ordonnées au moyen du crayon porté par les glissières divisées placées à sa gauche. Toutes les semaines, on substitue

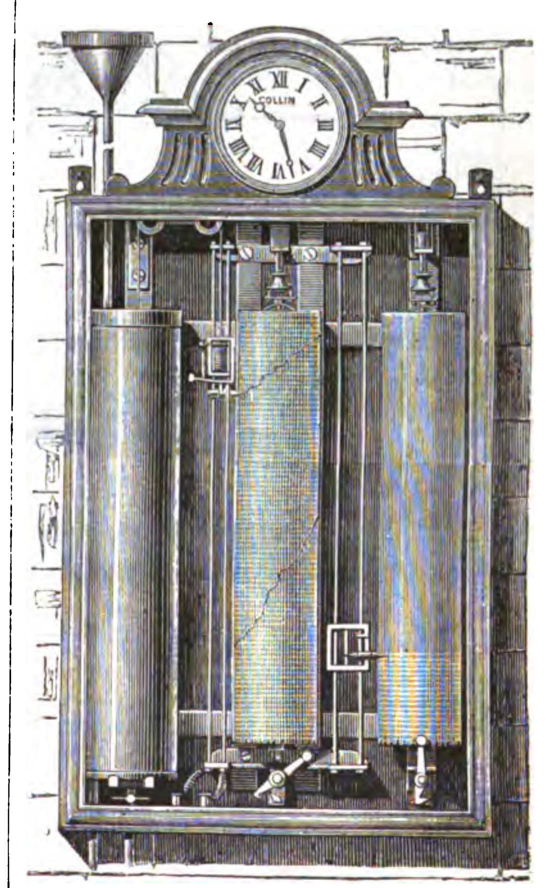


Fig. 766. — Pluviographe.

le cylindre ainsi divisé à celui du milieu, pour qu'il serve à l'enregistrement. Il est alors mû

par l'horloge, qui lui fait faire un tour en vingt-quatre heures. L'enregistrement est fait par un crayon suspendu à un fil qui passe sur deux poulies et soutient un flotteur placé dans le cylindre de gauche. Le porte-crayon est muni d'un électro-aimant, disposé en trembleur électrique, et qui permet d'enregistrer en même temps un autre phénomène météorologique. Le tracé interrompu et pointillé donne aux endroits de la courbe où il se produit les diverses indications dont on a besoin. Nous avons décrit à l'article Enregistreur des dispositions qui s'appliquent à ces appareils.

POINT CONSÉQUENT. — Pôle supplémentaire d'un aimant, non situé à l'une des extrémités. (Voy. Aimant et Aimantation.)

POINT D'ÉLECTION OU POINT MOTEUR. — Point où il convient d'appliquer une électrode pour exciter un muscle ou un nerf.

Duchenne (de Boulogne), puis Ziemssen ont montré que, pour les muscles, les points moteurs se trouvent à l'entrée du principal rameau moteur dans le muscle.

POINT NEUTRE. — Voy. Ligne neutre.

POINTES (Pouvoir des). — Si un conducteur électrisé est muni d'une pointe, la densité tend

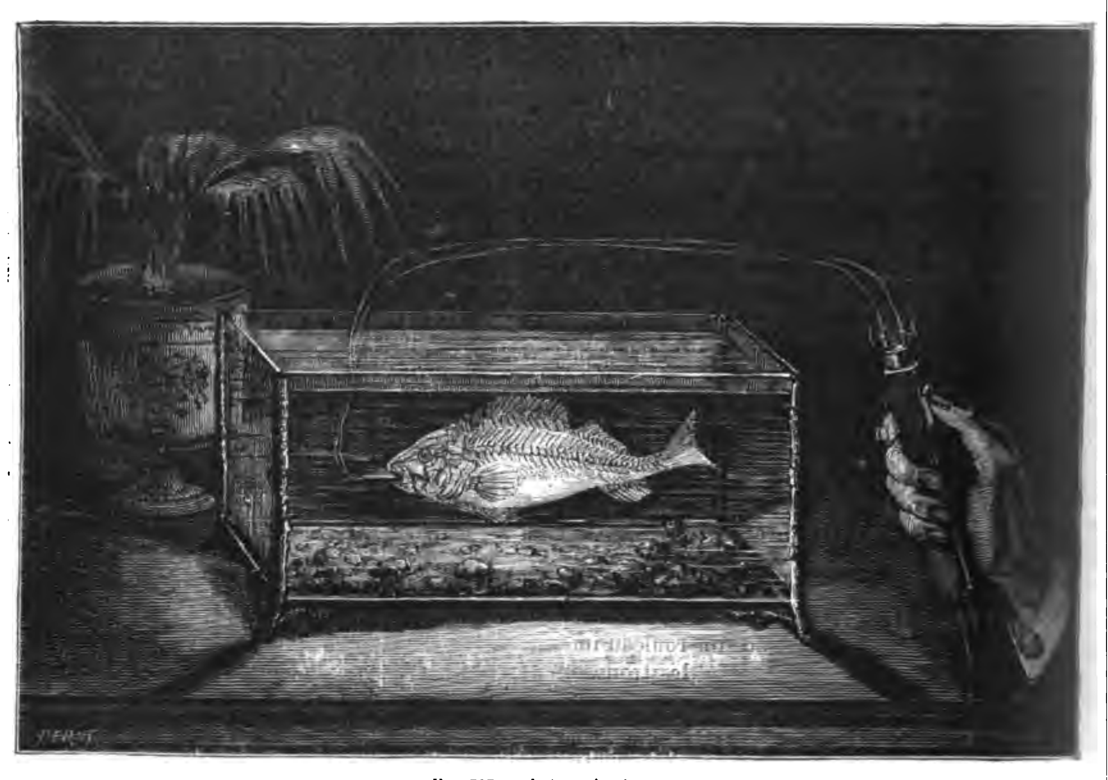


Fig. 767. — Poisson lumineux.

à devenir infinie sur cette pointe; il en est de même de la pression électrostatique, et par suite l'électricité passe du conducteur sur les masses d'air qui l'entourent. L'équilibre ne peut exister tant que la pointe n'est pas ramenée à l'état neutre. Un conducteur muni d'une pointe se décharge donc rapidement. Il en est de même si l'on approche d'un conducteur électrisé une pointe reliée au sol, qui se charge par influence et par suite envoie sur le corps de l'électricité contraire à celle qu'il possède.

Cette propriété des pointes explique la condensation des fumées par l'électricité. Les poussières ou les fumées électrisées au contact d'une des pointes sont attirées par l'autre et se précipitent sur elle. (Voy. Condensation des fumées.)

POINTEUR ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE. — Appareil imaginé par M. Noël pour étudier la durée physiologique des réflexes tendineux pour les membres supérieurs et pelviens.

POISSON ÉLECTRIQUE. — Poisson muni d'un appareil électrique capable de donner des secousses. (Voy. Électrogène.)

LUMINEUX. — Expérience imagi- Trouvé. On fait avaler à un brochet u à un autre poisson une petite :andescence, fixée au bout de deux s suffisamment solides. La lampe ıtôt dans l'estomac de l'animal : fait passer le courant, la lumière ·end le corps du poisson d'une tran- .ffisante pour permettre d'apercevoir des organes.

SATION DES BOBINES DE RÉSIS- - Phénomène découvert par M. Men- . 1887, et qui consiste en ce que ces :olongent pendant quelques instants : de la source après que l'action de cessé.

:SATION DES DIÉLECTRIQUES. — puis Faraday ont montré qu'on peut le rôle des milieux diélectriques en iquant une hypothèse imaginée par our le magnétisme. Sir W. Thomson pé cette théorie, d'après laquelle un ue, primitivement à l'état neutre, placé champ électrique, subit une polarisa- ogue à celle qu'éprouve un corps ma- sous l'action d'un champ magnétique, lément prenant à sa surface une charge dans la région par laquelle pénètre le et dans l'autre une charge positive égale nière. Les masses électriques intérieu- eutralisent de proche en proche, et l'hy- précédente revient à admettre que le ique s'électrise seulement à la surface, ement en tous les points par lesquels le champ, positivement en tous les au- s deux charges étant égales.

ut remarquer que cette couche de pola- ı apparaît et disparaît instantanément. doit pas être confondue avec l'électri- qui pénètre peu à peu dans l'intérieur lectrique, lorsque l'influence du champ e pendant un temps appréciable.

ARISATION DES ÉLECTRODES OU DES — On donne ce nom au dépôt d'hydro- ui se forme sur les électrodes. Dans la : Volta et les piles analogues à un seul :, la polarisation affaiblit rapidement le ıt, d'abord intense; c'est ce qui a fait onner ces modèles de piles.

:i en quoi consiste la polarisation. L'eau ée contenue dans chaque couple attaque c en donnant du sulfate de zinc et de :ogène. L'hydrogène, qui suit le sens du nt, se rend au pôle *positif*, mais il ne se ge qu'en partie, et il en reste sur la lame de cuivre une certaine quantité qui la recou d'une sorte de gaine. Ce dépôt d'hydrogè qui est beaucoup moins conducteur que liquide, forme évidemment un obstacle passage du courant et augmente ce qu'on app la *résistance* du couple. En outre, et c'est là inconvénient encore plus grave, l'hydrog ainsi déposé tend à s'oxyder de nouveau e reformer de l'eau acidulée : de là résulte ı nouvelle force électromotrice qui agit en s contraire de la première et par conséquent diminue; on l'appelle *force électromotrice polarisation*, et l'on dit que les électrodes polarisent quand l'hydrogène s'accumule ai sur le pôle positif.

POLARISATION DE LA LUMIÈRE (ROTATI MAGNÉTIQUE DU PLAN DE). — Voy. POUVOIR RO TOIRE MAGNÉTIQUE.

POLARISATION DES TISSUS. — On a per que les tissus du corps humain se polarisen la manière des électrodes pendant la galvani tion. Ce fait n'est pas prouvé.

POLARITÉ MAGNÉTIQUE ET DIAMAGNÉT QUE. — Voy. MAGNÉTIQUE (CORPS).

POLE D'UN AIMANT. — Point d'un aima (Voy. ce mot) qui attire le plus fortement limaille de fer.

POLE D'UNE PILE. — On donne ce nom a deux extrémités d'une pile.

Le *pôle négatif* correspond au métal attaq (généralement le zinc), le *pôle positif* au cor non attaqué. Le pôle positif est encore ce qui a le potentiel le plus élevé. (Voy. PILE.)

Chercheur ou indicateur de pôle. — Voy. DICATEUR.

POLE MAGNÉTIQUE TERRESTRE. — donne ce nom aux points du globe pour l quels l'inclinaison est de 90°. Le pôle boréal au nord de l'Amérique, par 70° 10′ de latitu nord et 100° 40′ de longitude ouest. Le p austral est au sud de la Nouvelle-Hollan par 75° de latitude sud et 136° de longitude e

POLYGRAPHE. — Enregistreur destiné a phénomènes physiologiques et dans lequel tracé est produit par l'action d'un courant un papier imprégné d'iodure de potassium d'amidon. Le polygraphe a été imaginé M. Ragosine.

POLYPHOTE (LAMPE). — Régulateur pouv être monté avec plusieurs autres dans un mê circuit. (Voy. LAMPE.)

POLYRHÉOLYSEUR. — Rhéolyseur à plusie branches destiné à envoyer des dérivati dans plusieurs circuits.

POLYSCOPE. — Appareil imaginé

M. Trouvé et destiné à l'éclairage des cavités intérieures. Un manche isolant, muni d'un interrupteur, reçoit de petites lampes à incandescence, ayant des réflecteurs émaillés de orme variable (fig. 768), qui concentrent la

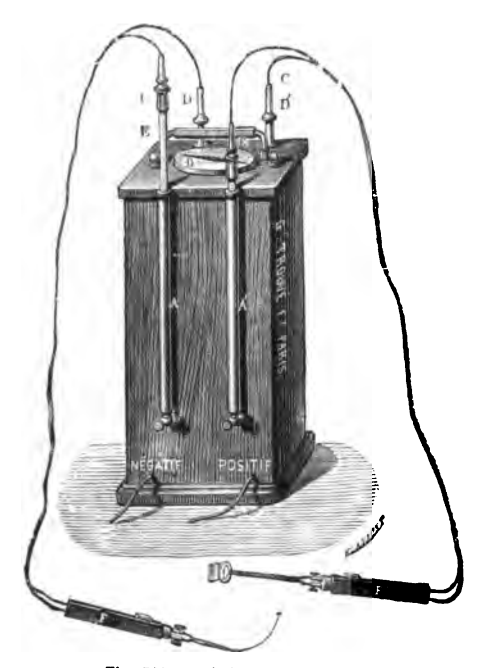


Fig. 768. — Polyscope de Trouvé.

lumière dans la direction voulue et empêchent l'échauffement des parties voisines. Pour les cavités profondes, la lampe est renfermée dans une sonde creuse munie d'un prisme à réflexion totale et d'un système optique qui fournit à l'observateur une image légèrement agrandie. La lampe est placée quelquefois dans un réservoir en verre plein d'eau, pour empêcher l'échauffement.

Ces lampes sont alimentées par un petit accumulateur en plomb, genre Planté, qu'on charge à l'aide de deux éléments Bunsen ou de quatre éléments Callaud. Un petit galvanomètre reçoit en sens contraire le courant de la pile et celui de l'accumulateur, ce qui permet de suivre la marche de la charge. L'accumulateur est muni d'un rhéostat très simple (Voy. Rhéostat). Pour éviter de brûler les filaments des lampes, on donne d'abord au rhéostat la résistance maximum, puis on la diminue peu à peu jusqu'à ce que la lampe ait atteint l'éclat voulu.

POMPE ÉLECTRIQUE. — La Compagnie de la pompe électrique de Hall, à Plainfield (N.-J.) a étudié une pompe munie d'un moteur électrique, et destinée à maintenir constamment pleins des réservoirs placés près des toits pour servir à éteindre les incendies, la pression de l'eau dans les conduites étant trop faible pour cet usage. Un flotteur placé dans les réservoirs ouvre le circuit qui contient le moteur, lorsque ceux-ci se vident, et l'interrompt lorsque l'eau a repris le niveau voulu. L'appareil est donc automatique et pourrait être appliqué utilement dans beaucoup d'usines qui possèdent des installations de lumière électrique ne fonctionnant que le soir.

POMPE VOLTAIQUE. — Expérience faite par G. Planté avec la décharge d'une forte batterie secondaire ou d'une machine rhéostatique.

Le fil négatif plongeant dans l'eau salée, on introduit le fil positif dans un tube capillaire, en laissant toutefois un intervalle libre d'environ un demi-centimètre à son extrémité; aussitôt qu'on plonge le tube dans l'eau, on voit le liquide s'élever très rapidement à une hauteur de 25 à 30 centimètres et retomber en nappe sillonnée de traits brillants et de jets de vapeur (fig. 769). L'ascension est si rapide, malgré la résistance opposée par l'exiguïté du canal, qu'on aperçoit une gouttelette lumineuse à l'extrémité supérieure du tube, aussitôt que la partie inférieure touche le liquide.



Fig. 769. — Pompe voltaïque.

PONT DIFFÉRENTIEL. — On donne parfois ce nom à l'appareil décrit plus haut sous le nom d'AUDIOMÈTRE.

PONT D'INDUCTION. — Disposition appliquée par M. Hughes à la mesure de la self-induction, et composée d'un pont de Wheatstone et d'une balance d'induction. Le pont sert à mesurer la résistance du fil et la balance à mesurer la self-induction en l'annulant par des courants induits de sens contraire.

PONT ROULANT ÉLECTRIQUE. — Les ponts roulants sont une application récente des appareils de levage. Ceux de petite dimension sont généralement mus à la main au moyen d'engrenages, les plus grands par une machine à vapeur placée sur le pont et servant aussi à élever les fardeaux.

Le Palais des machines, à l'Exposition de 1889, contenait deux ponts roulants électriques, qui s'appuyaient sur les quatre files de poutres de transmission, et qui, après avoir servi à l'installation des machines, furent employés à transporter les visiteurs d'un bout de la galerie à l'autre.

Le premier de ces appareils, construit par MM. Bon et Lustremant, reçoit le courant d'une dynamo Gramme, actionnée par une machine à vapeur Westinghouse à grande vitesse, de vingt-

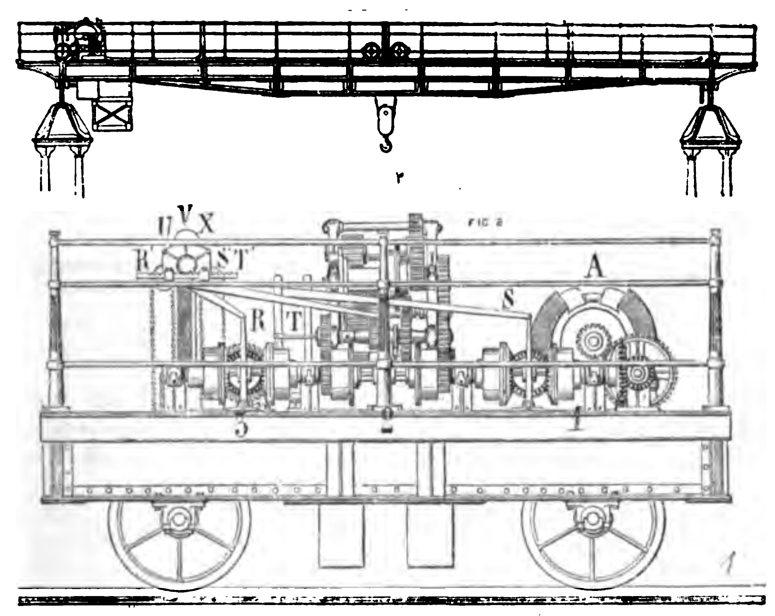


Fig. 770. — Pont roulant Mégy, Echeverria et Bazan (élévation par bout).

cinq chevaux. Ces machines étaient placées en dehors du Palais, et deux câbles, portés par des crochets isolateurs, amenaient le courant à la dynamo réceptrice, placée sur le pont. Celle-ci transmet le mouvement aux divers organes par *friction plate*. Ces organes sont disposés pour produire le levage du fardeau, son déplacement transversal par un chariot porte-crochet mobile, enfin son déplacement longitudinal par le mouvement total du pont sur les rails. Le poids total était d'environ 22 tonnes, et le pont pouvait recevoir 90 à 100 personnes.

L'autre pont, établi par MM. Mégy, Echeverria et Bazan, était mû par une dynamo réceptrice A du système Miot (fig. 770), recevant le mouvement d'une génératrice installée dans un bâtiment voisin. Cette dynamo transmet le mouvement à un arbre général de transmission B, en diminuant la vitesse par l'intermédiaire d'une série d'engrenages. Cet arbre porte trois groupes d'appareils de manœuvre (fig. 771), sur lesquels nous n'avons pas à insister ici, et dont les organes principaux sont des embrayages Mégy, représentés en détail (fig. 772).

Le système 1 sert à transmettre le mouvement de l'arbre B à l'appareil de déplacement transversal de la charge perpendiculairement à la grande voie de déplacement du pont. Le système 2 sert à lever et abaisser la charge, et donne par suite le mouvement à un treuil muni d'un régulateur système Mégy. Enfin le système 3 déplace le pont tout entier sur sa voie.

Le mouvement est communiqué à l'arbre I, sur lequel est calé un embrayage M à dents, qui actionne une des roues N ou O, et produit par suite une vitesse de translation différente, ces

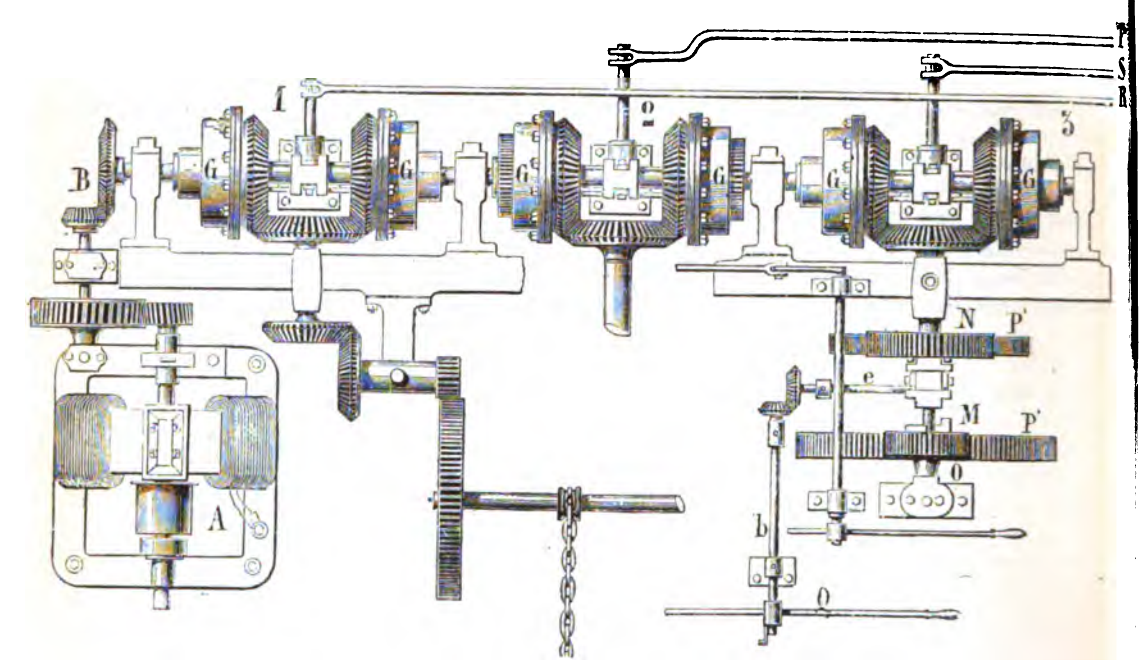


Fig. 771. — Pont roulant (ensemble des trois mouvements d'embrayage).

roues commandant soit la roue P, soit la roue P', calées sur l'arbre des roues du pont. La manœuvre de l'embrayage M est faite par la tringle Q, qui actionne un levier calé sur l'axe *b* et donnant le mouvement par des pignons d'angle à la tige *c*, sur laquelle est calé le levier actionnant

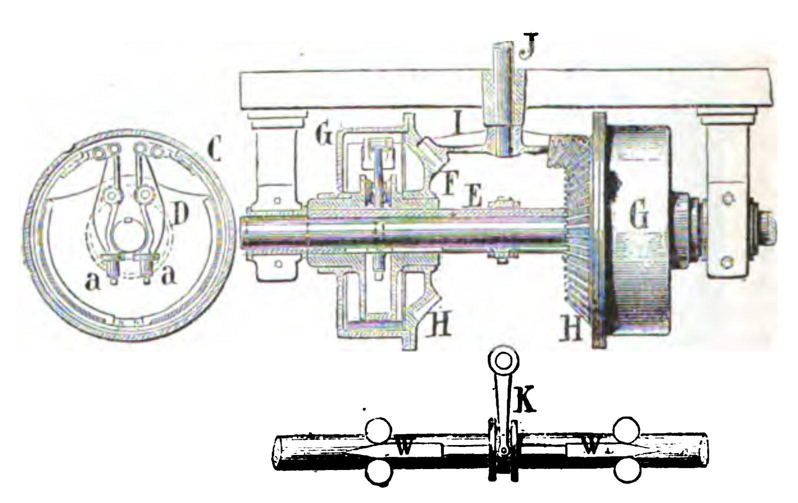


Fig. 772. — Pont roulant (détail de l'un des mouvements d'embrayage).

l'embrayage M. Sur la figure 771, le levier R actionne le système 1, le levier T le système 2, et S le système 3.

La figure 773 montre la disposition ingénieuse par laquelle tous les mouvements peuvent être commandés facilement d'un seul endroit placé sur le pont, ou du sol à l'aide de chaînes pendant jusqu'à terre. Les leviers RST se terminent

par des crémaillères R'S'T' engrenant avec des pignons *rst* calés sur des arbres dont les deux premiers sont creux; l'arbre du pignon *t*, qui seul est plein, se trouve contenu dans celui de *s*, qui est à son tour enfermé dans celui de *r*. Sur chacun de ces arbres est calée une des

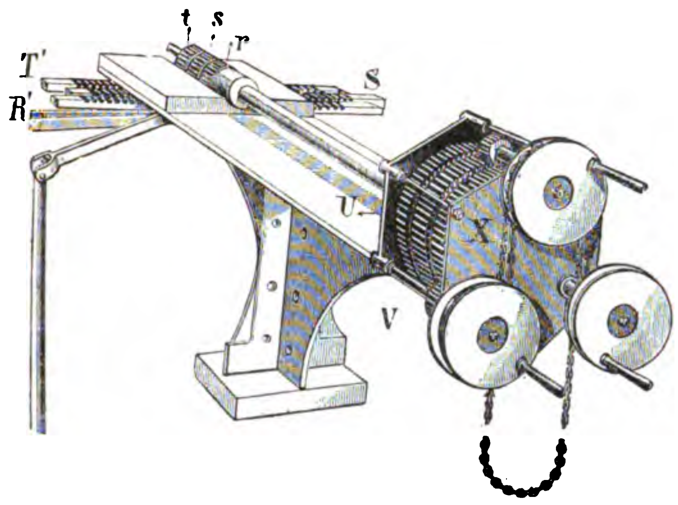


Fig. 773. — Manœuvre du pont.

roues U, V, X, avec lesquelles engrènent les pignons sur les axes desquels sont calés des volants *u*, *v*, *x*, munis de gorges sur lesquelles peuvent passer des chaines. Chacun de ces volants commande donc un des mouvements, et la direction de tout l'appareil se trouve centralisée en un seul point.

PONT TOURNANT ÉLECTRIQUE. — Application de la transmission de l'énergie à la manœuvre des ponts tournants. Le moteur Thomson-Houston a été récemment utilisé pour plusieurs installations de ce genre, notamment à Bridgeport, Conn., par la *New England Electric Supply Co* (fig. 774 et 775). Ce pont, qui a 180 pieds

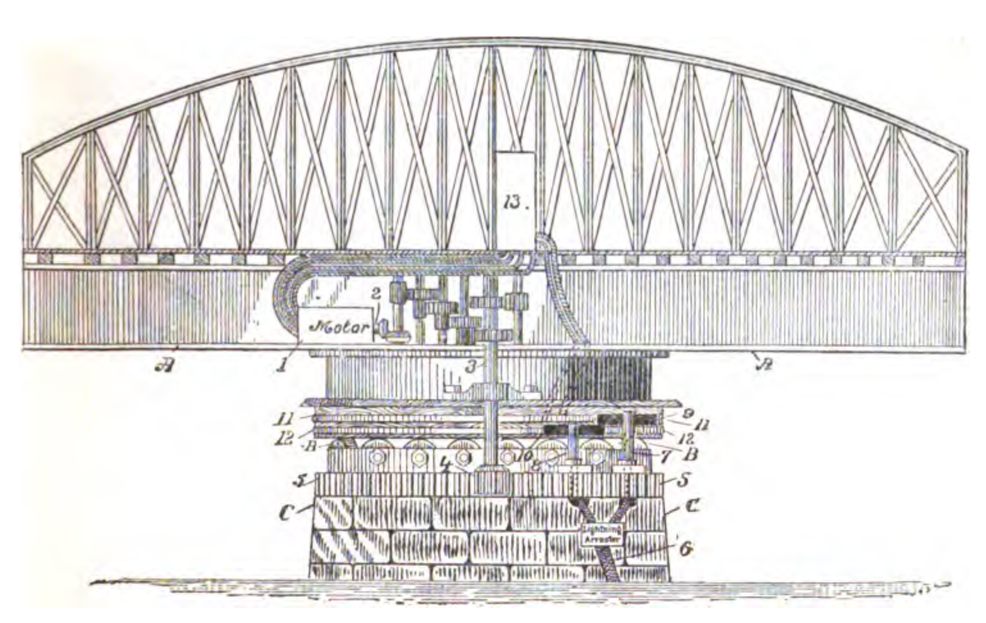


Fig. 774. — Mécanisme du pont tournant.

de long et 60 de large, et qui pèse 320 tonnes, était, avant l'emploi de l'électricité, manœuvré par trois hommes; l'opération exigeait au moins six minutes, ce qui, vu la circulation très active qui a lieu en ce point, causait un embarras des deux côtés et gênait fortement le trafic.

Avec l'électricité, la manœuvre se fait en deux minutes et ne demande qu'un seul homme, ce qui fait une économie notable de temps et d'argent. Le moteur, placé sous le tablier du pont, reçoit le courant par deux câbles sous-marins, qu'un commutateur rattache au circuit général d'éclairage de la ville. Ce commutateur sert à renverser le sens de la marche; un rhéostat régularise la vitesse du moteur. Le commutateur, le rhéostat, le coupe-circuit sont enfermés dans une boîte complètement étanche, située dans la charpente du pont, et sont facilement accessibles. L'homme chargé de la manœuvre a toute l'installation sous la main et peut régler facilement la vitesse et le sens de la rotation.

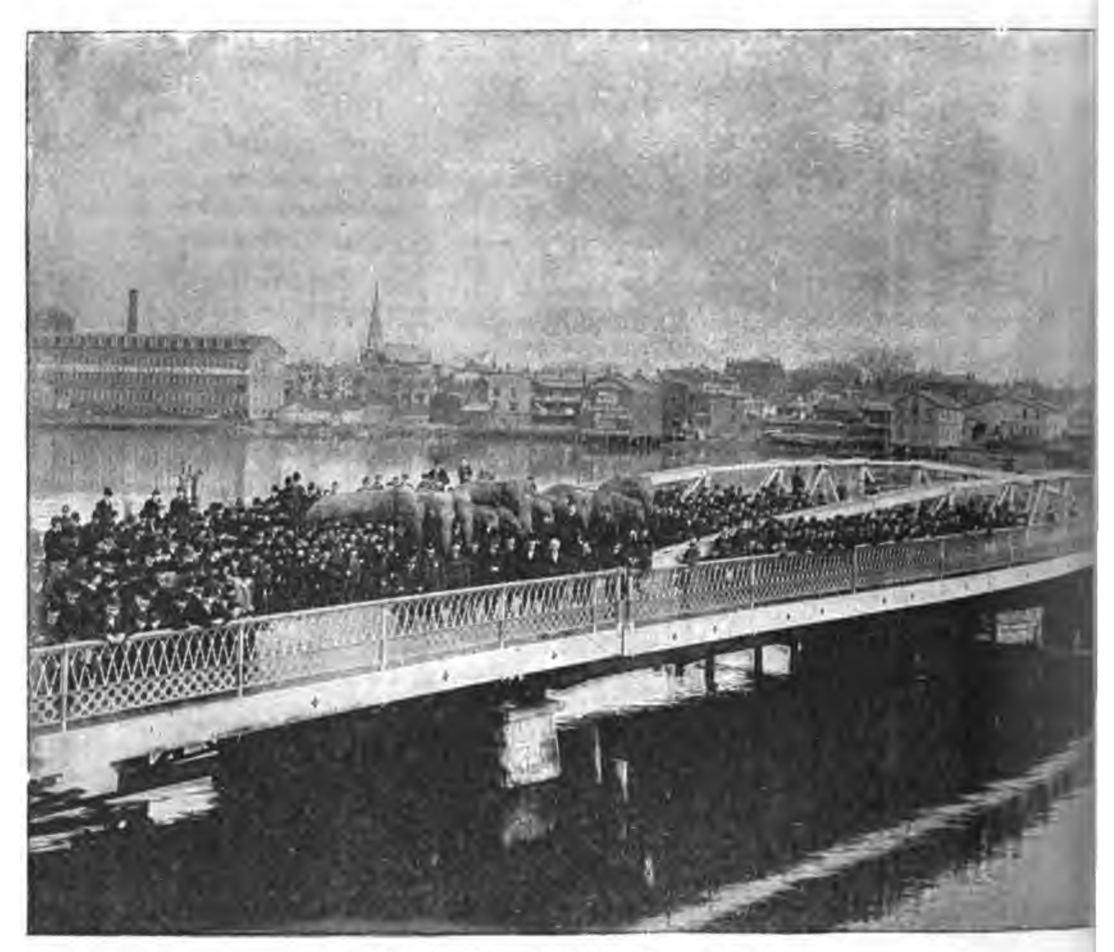


Fig. 775. — Pont tournant de Bridgeport (Connecticut).

Le moteur a une puissance de 7,5 chevaux. Son arbre se termine par un pignon, qui mène un train d'engrenages, dont le dernier organe est l'arbre de rotation du pont, qui était manœuvré autrefois à bras d'homme.

PONT DE WHEATSTONE. — Disposition indiquée par Wheatstone et employée très souvent pour mesurer les résistances. On donne le même nom aux appareils qui servent à réaliser cette disposition.

Supposons qu'entre deux points A et B (fig. 776), le courant d'une pile se divise en deux dérivations ACB et ADB, et qu'on joigne deux points tels que B et D par un fil. Cherchons la condition pour que ce fil ne soit traversé par aucun courant.

Soient r_1, r_2, r_3, r_4 les résistances des quatre

fils, ρ celle du pont, i_1, i_2, i_3, i_4 et i les intensités correspondantes. En appliquant les lois des

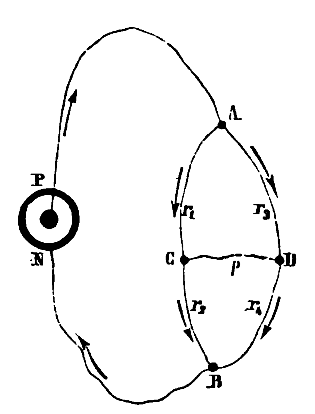


Fig. 776. — Pont de Wheatstone.

courants dérivés au circuit ACDA, qui ne renferme pas de pile, on a

$$i_1 r_1 + i\rho - i_3 r_3 = 0.$$

Le circuit CBDC donne de même

$$i_2 r_2 - i_4 r_4 - i\rho = 0.$$

Aux points C et D, on a

$$i = i_1 - i_2 = i_3 - i_4.$$

Supposons $i = 0$, il vient

$$i_1 r_1 = i_3 r_3$$
$$i_2 r_2 = i_4 r_4,$$

et

$$i_1 = i_2$$
$$i_3 = i_4;$$

d'où l'on tire

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{r_3}{r_4}.$$

Si l'on donne au rapport $\frac{r_3}{r_4}$ une valeur déterminée, 10, 100, 1000,... et que r_2 soit une résistance connue, par exemple 1 ohm, on aura facilement la valeur de r_1.

Le pont de Wheatstone n'exige pas une pile constante, le résultat étant indépendant de l'intensité totale. Un élément Daniell ou Leclanché suffit.

Le galvanomètre du pont peut être remplacé par un électromètre ou par un téléphone, de préférence à fil gros et court.

Dans la méthode du pont de Wheatstone, il est bon de lancer le courant dans les branches du pont un peu avant de le faire passer dans le galvanomètre, afin d'éviter l'extra-courant de fermeture. On se sert pour cela d'une clef à

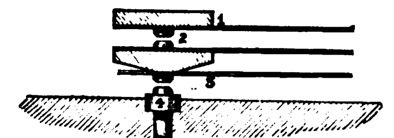


Fig. 777. — Clef à double contact successif.

double contact successif (fig. 777). Lorsqu'on appuie sur la clef, les contacts 1 et 2 se touchent d'abord et ferment le circuit des branches; 3 et 4 se touchent seulement un instant après et ferment le pont.

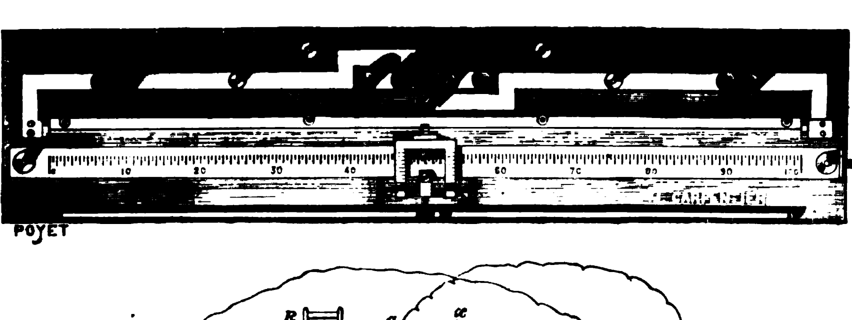


Fig. 778. — Pont à curseur.

Un certain nombre d'appareils ont été imaginés pour réaliser le pont de Wheatstone. On se sert souvent du pont à fil divisé ou à curseur (fig. 778), imaginé par M. Forster, dans lequel les deux branches r_1 et r_2 sont figurées par deux

bandes de cuivre CB et CD de résistance négligeable. Ces deux branches sont coupées en leur milieu et reçoivent, l'une en x la résistance à mesurer, l'autre en R une résistance connue, par exemple une bobine étalon de l'ohm légal. Les contacts de ces deux résistances sont établis à l'aide de godets pleins de mercure. Les deux bras r_3 et r_4 sont figurés par les deux parties S et s d'un fil de maillechort, tendu devant une règle divisée en millimètres, et sur lequel glisse un contact mobile A, muni d'un vernier au 1/20 et d'un poussoir, qui permet de lui faire toucher le fil pendant un instant très court. La pile s'attache en A et C, le pont, qui contient un galvanomètre, en B et D. En C est un commutateur à mercure qui permet, pour une vérification, d'intervertir les résistances R et x. On déplace le curseur A jusqu'à ce qu'en appuyant sur le poussoir, on ne fasse pas dévier le galvanomètre, et l'on a alors

$$x = R\frac{s}{S}.$$

Le rapport $\frac{s}{S}$ est donné par la règle divisée.

Au lieu du pont à curseur, on peut employer des boites de résistances (fig. 119, 120 et 121) formant pont de Wheatstone ; c'est une forme

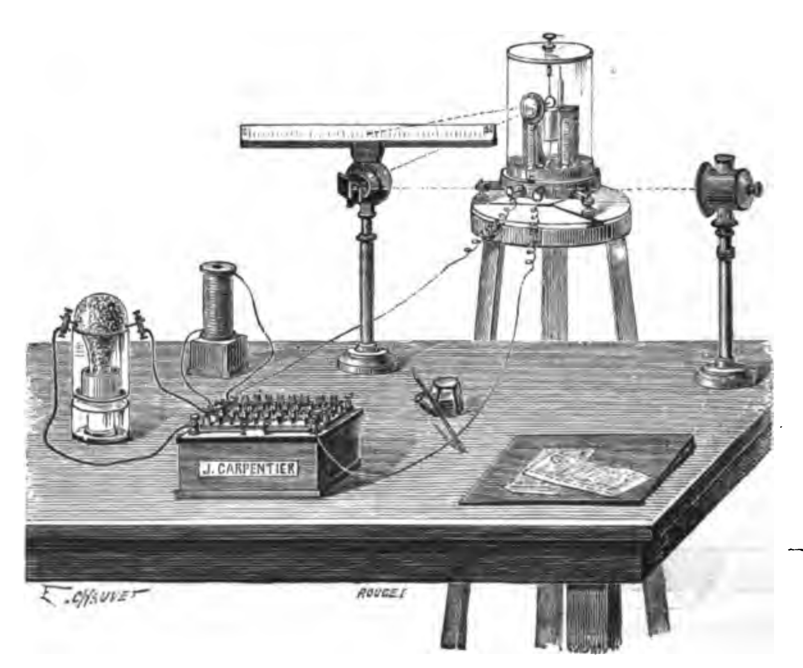


Fig. 779. — Mesure des résistances par le pont de Wheatstone.

peut-être moins commode, mais plus rigoureuse, car le premier modèle suppose que le fil de maillechort a une résistance uniforme dans toute sa longueur. Or cette condition est rarement réalisée, à cause des éraillures faites par le curseur.

La figure 779 montre une installation complète pour la mesure rapide des résistances par le pont de Wheatstone. Le galvanomètre Deprez-d'Arsonval est muni de la règle divisée décrite plus haut (voy. MÉTHODE DU MIROIR); un élément Daniell à ballon produit le courant; les quatre branches du pont sont formées par la caisse placée en avant de la figure.

La table de mesures décrite plus haut (voy. MESURES) est disposée pour former un pont de Wheatstone. Les communications sont alors établies comme sur la figure 780. Les parties AB, AD et BC de la caisse forment trois des branches du pont; la quatrième est constituée par la résistance inconnue, placée en 9. A l'aide de la clef 13 à double contact successif, on fait passer le courant d'abord dans les branches du pont, puis dans le galvanomètre, convenablement shunté. On fait varier la résistance AD jusqu'à ce que le galvanomètre soit au zéro.

La figure 781 montre un pont de Wheatstone d'une forme très pratique, destiné aux mesures industrielles. L'appareil contient tous les organes nécessaires, et les connexions sont éta-

blies d'avance. On voit à gauche les deux bornes auxquelles s'attache la pile, et entre elles le bouton de la clef à deux contacts successifs. La résistance s'attache aux deux bornes qu'on voit en avant, un peu à gauche du galvanomètre, qui occupe le centre de la table. Le cadran de ce galvanomètre peut tourner de manière à amener le zéro sous l'extrémité de l'aiguille. La table renferme en outre un pont de Wheatstone et un shunt à l'aide duquel on peut donner aux bobines du pont une valeur plus ou moins grande.

MM. Woodhouse et Rawson construisent pour les mesures industrielles un pont de Wheatstone très portatif (fig. 782). Les deux branches de proportion sont formées par deux fils en alliage de platine et d'argent, enroulés sur deux pas de vis pratiqués sur la surface d'un cylindre en ébonite, et reliés avec les deux autres branches l'un par son extrémité inférieure, l'autre par l'extrémité supérieure. Sur le cylindre fileté se meut un anneau à l'intérieur duquel se trouvent un ressort et un galet de contact, destinés à faire communiquer les deux fils d'argent. Quand on tourne cet anneau, on allonge l'un des fils d'argent et l'on raccourcit l'autre : le rapport $\frac{s}{S}$ est donné par une graduation qui entoure l'appareil. Le cylindre renferme quatre bobines de résistance 0,1 — 1 — 1 — 10 ohms, que l'on peut à l'aide d'une fiche intercaler sur l'un des bras du pont. On voit encore sur l'appareil les bornes servant à établir les communications avec la pile, le galvanomètre, la résistance inconnue et la résistance étalon.

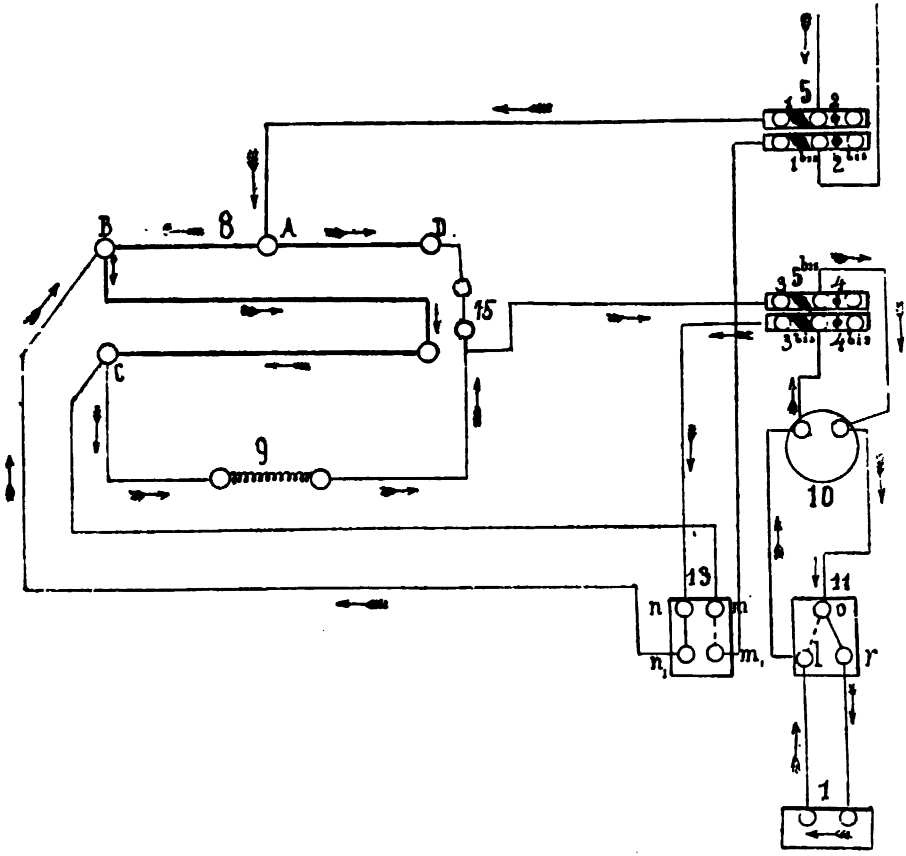


Fig. 780. — Table de mesures disposée en pont de Wheatstone.

On emploie avantageusement avec cet appareil le galvanomètre astatique décrit plus haut (fig. 381), dans la base duquel on peut installer une résistance en charbon d'un mégohm pour servir d'étalon. Le tout est placé dans une boîte facile à transporter.

Pont double de Thomson. — Les appareils décrits plus haut sont destinés les premiers à

la mesure des résistances moyennes, les derniers à celle des grandes résistances. Pour les résistances très faibles, on peut employer une modification imaginée par sir W. Thomson et qui est très sensible. Le fil de proportion est remplacé par deux fils (fig. 783) : l'un PQ porte comme dans le pont simple un curseur C relié au galvanomètre ; mais les deux bouts de ce fil

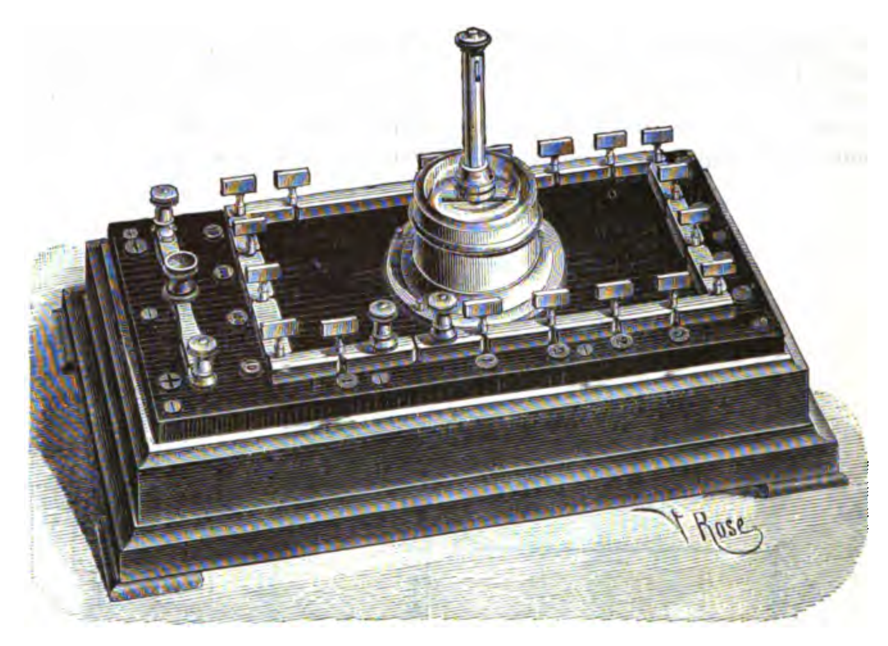


Fig. 781. — Table de mesures linéaires (Desruelles).

communiquent avec deux curseurs isolés A_1B_1, qui se déplacent sur un autre fil AB en restant à la même distance l'un de l'autre. Les extrémités du second fil sont reliées d'une part avec la pile E, de l'autre avec l'extrémité fixe D du pont, par l'intermédiaire de la résistance inconnue a' et de la bobine étalon b'.

Si la résistance de la portion du fil AB com



Fig. 782. — Pont de Wheatstone circulaire (Woodhouse et Rawson).

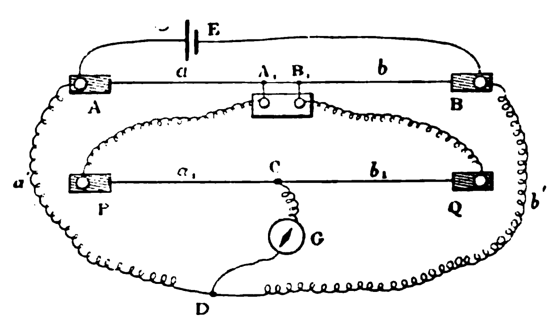


Fig. 783. — Principe du pont double.

prise entre les deux curseurs A_1B_1 est exactement égale à la résistance totale de PQ, on a

$$\frac{a'}{b'} = \frac{a + \frac{a_1}{2}}{b + \frac{b_1}{2}}.$$

Sir W. Thomson et M. Varley ont donné au pont double la forme représentée par la figure 784. Chaque fil est remplacé par une série de bobines égales, disposées en tension. La première série comprend 101 bobines de 1000 ohms chacune, la deuxième 100 bobines de 20 ohms. Elles sont disposées en cercle dans

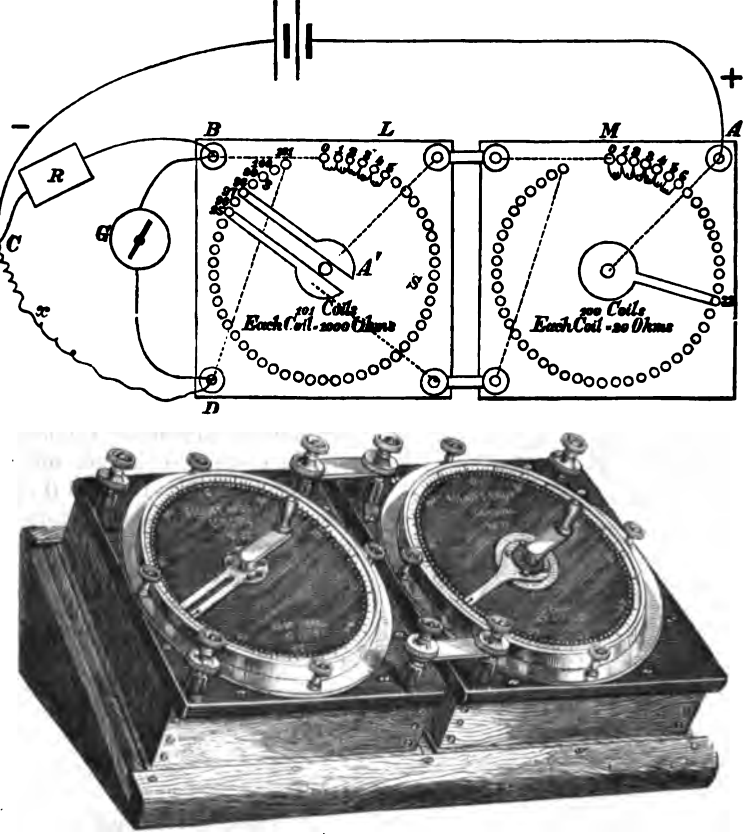


Fig. 784. — Pont double de W. Thomson et Varley.

deux boîtes identiques; sur la première tourne un double curseur dont les deux contacts comprennent toujours entre eux deux bobines de 1000 ohms, c'est-à-dire une résistance égale à

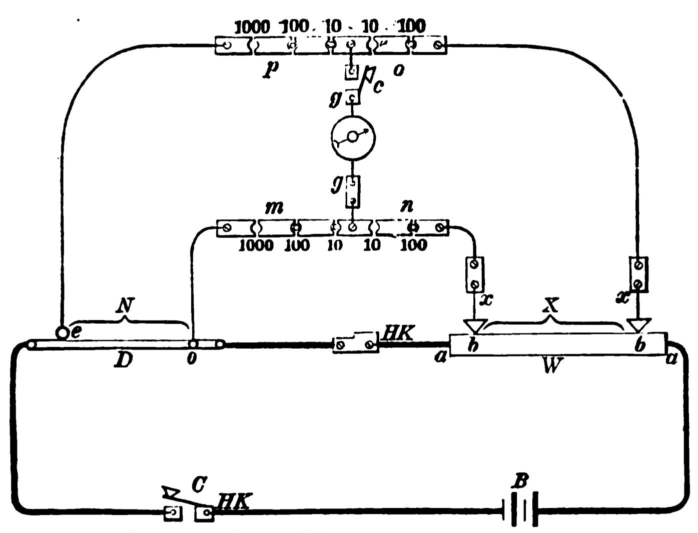


Fig. 785. — Pont de MM. Siemens et Halske (principe).

la résistance totale de la seconde boîte. Cette dernière porte un contact simple.

La manette du second cadran étant sur le bouton, on tourne celle du premier jusqu'à ce

que l'équilibre soit à peu près établi, puis on déplace l'autre jusqu'au contact qui donne l'équilibre le plus approché. Si le premier contact s'est arrêté sur la bobine d'ordre M, et le second sur celle d'ordre M', on a

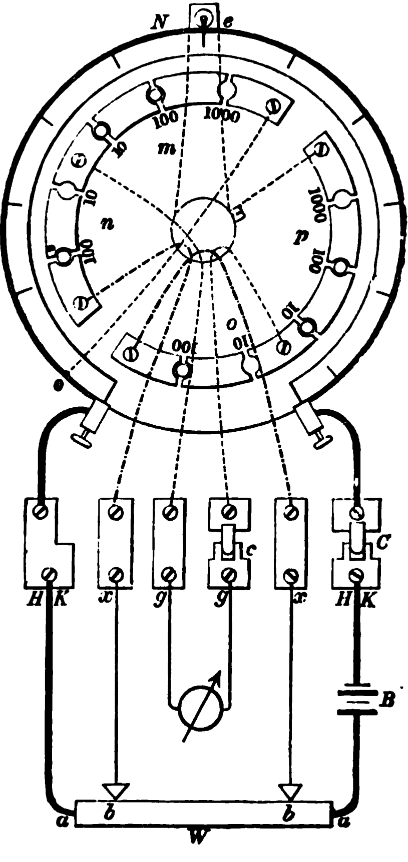
$$a = 1000\,M \qquad b = (101 - M - 2)\,1000$$
$$a_1 = 20\,M' \qquad b_1 = 100 - M';$$

d'où l'on tire

$$\frac{b'}{a'} = \frac{1000}{100\,M + M'} - 1.$$

Lorsque M est voisin de 50, c'est-à-dire lorsque le rapport cherché est peu éloigné de l'unité, une erreur d'une bobine sur le second cadran ne donne qu'une erreur de $\frac{1}{50000}$ pour le rapport $\frac{b'}{a'}$; l'approximation est moindre lorsque le premier contact s'arrête près d'une des extrémités, mais on peut encore obtenir une valeur très exacte en prenant successivement les deux nombres M et M+1 qui comprennent le résultat cherché.

MM. Siemens et Halske construisent pour les résistances très faibles un appareil qui est une modification du pont de Thomson. On met en série une pile B de grande intensité (fig. 785), une clef de contact C, un fil D étalonné et gradué, sur lequel glisse un curseur *e*, enfin la pièce W, dont on veut mesurer la résistance X entre les points *bb*. Aux points *o* et *e* du fil gradué, ainsi qu'aux extrémités *bb* de la résistance à mesurer, s'attachent les branches du pont *mnop*, entre lesquelles sont disposés le galvanomètre à miroir *gg* et la clef *c*.



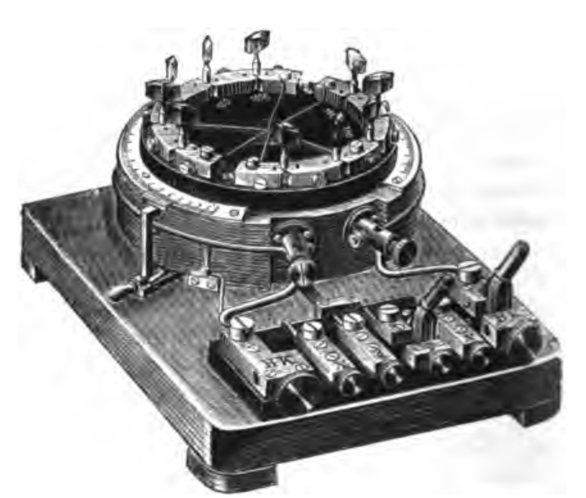


Fig. 786. — Pont de MM. Siemens et Halske.

La clef C étant fermée, on choisit convenablement les résistances *m*, *n*, *o*, *p*, et l'on fait glisser le curseur *e* jusqu'à ce que le galvanomètre s'arrête exactement au zéro.

Soit N la longueur de fil à intercaler entre *o* et *e*. Si l'on fait $m = n$ et $p = o$, l'équilibre est établi pour N=X. Si l'on règle les branches pour avoir

$$\frac{n}{m} = \frac{o}{p}$$

l'équilibre aura lieu pour

$$X = N\frac{n}{m} = N\frac{o}{p}.$$

Il est commode de faire $\frac{o}{p}$ égal à 10, 1, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{100}$, etc.

La figure 786 montre la disposition réelle des communications et l'aspect de l'appareil. Les bo-

bines qui forment les quatre branches *m*, *n*, *o*, *p*, sont placées dans une boîte circulaire, entourée par le fil étalonné D, sur lequel glisse le curseur *e*. N est la résistance de la partie *oe*. Les bornes *gg* reçoivent le galvanomètre, *xx* la résistance inconnue, et les bornes HK (*Hauptstromkreis*) les pôles de la batterie B (2 à 4 éléments Bunsen), dont l'un par l'intermédiaire de la résistance W. Le dessin en perspective montre les différents organes, notamment le fil gradué et le cercle divisé qui l'accompagne, le curseur *e* à gauche de la figure, les bornes et les clefs de contact C et *c*.

Applications. — Le pont de Wheatstone sert à faire toutes les mesures qui se ramènent à une détermination de résistance, notamment à rechercher les dérangements, à mesurer l'isolement d'un câble, etc.

PORTE-MONTRE (Poste) et **PORTE-VOIX ÉLECTRIQUE.** — Noms donnés par M. Mildé à des postes microtéléphoniques domestiques; le second est destiné à remplacer les tuyaux acoustiques.

POSITIF. — Voir Électricité et Pile.

POSTE AUX LETTRES ÉLECTRIQUE. — M. Werner Siemens a proposé de transporter les lettres à l'aide d'une petite locomotive électrique roulant sur des rails dans un tube carré en tôle de fer de 50 cm. de côté, servant aussi de conducteur. Le retour se ferait par la terre, de sorte que la résistance ne dépasserait pas 0,02 ohm par kilomètre. Une seule machine génératrice suffirait pour 20 kilom. de ligne. La voiture boîte à lettres poussée par le moteur étant très légère, celui-ci pourrait faire 1000 tours par minute, et atteindrait 60 kilom. à l'heure. On produirait les arrêts en rompant le circuit.

POSTE MICROTÉLÉPHONIQUE. — Poste télégraphique dont les transmetteurs sont des microphones et les récepteurs des téléphones. Voy. ces mots.

POSTE TÉLÉGRAPHIQUE. — Ensemble des appareils servant à recevoir ou à transmettre une dépêche. Le mot poste est pris souvent comme synonyme de bureau. On dit encore station télégraphique.

Voici les abréviations employées par l'Administration française des postes et télégraphes pour désigner les différentes sortes de postes télégraphiques.

N. Service permanent (de jour et de nuit).

N/11. Service de jour prolongé jusqu'à 11 heures du soir (cette abréviation n'est employée que dans la nomenclature des bureaux de Paris).

N/12. Service de jour prolongé jusqu'à minuit.

N/9. Service de 7 heures ou 8 heures du matin, suivant la saison, à 9 heures du soir, sans aucune interruption.

MC. Service de jour complet. Les bureaux à service de jour complet sont ouverts tous les jours sans exception de 7 heures du matin en été, et de 8 heures en hiver, à 9 heures du soir.

L. Service limité (c'est-à-dire ouvert pendant un nombre d'heures moindre que les bureaux à service de jour complet). Les bureaux à service limité sont ouverts de 7 heures du matin en été, et de 8 heures en hiver, à midi et de 1 heure à 7 heures du soir, pendant la semaine; de 7 heures du matin en été, et de 8 heures en hiver, à 10 heures du matin, et de midi à 3 heures du soir, les dimanches et jours fériés.

ML. Service municipal limité. 1° *Dans les localités où le service des postes n'est pas installé*, les bureaux municipaux sont ouverts : *les jours ouvrables*, de 9 heures du matin à midi et de 2 heures à 7 heures du soir; *les dimanches et jours fériés*, de 8 heures à 9 heures du matin et de 1 heure à 2 heures du soir. — 2° *Dans les bureaux de poste auxquels a été réuni le service télégraphique municipal*, les heures d'ouverture pour les opérations télégraphiques sont identiques à celles du serviee postal qui, *les jours ouvrables*, sont en général fixées de 7 ou 8 heures du matin, suivant la saison, à midi, et de 2 heures à 7 heures du soir. — 3° *Dans les localités où il existe un bureau de poste et un bureau télégraphique municipal géré par un agent de la commune*, cet agent doit fournir des vacations identiques à celles du bureau de poste. — 4° *Dans les localités où il existe un bureau de poste et un bureau télégraphique non fusionnés*, la durée du service dans les deux bureaux est la même et réglée d'après les heures de vacation du service le plus étendu.

BC. Bureau ouvert pendant la saison des bains ou la saison d'été; *service complet*.

BL. Bureau ouvert pendant la saison des bains ou la saison d'été; *service limité*.

BML. Bureau ouvert pendant la saison des bains ou la saison d'été; *service municipal limité*.

L/BC. *Service complet* pendant la saison des bains ou la saison d'été, *et limité* le reste de l'année.

M/BL. *Service limité* pendant la saison des bains ou la saison d'été, et *service municipal limité* le reste de l'année.

Mre. Bureau militaire.

Ecl. ou Bar. Bureau établi aux *écluses* et aux *barrages* des canaux et rivières canalisées, admettant *au départ* toutes les dépêches et n'admettant *à l'arrivée* que les dépêches « Télégraphe restant ».

FMal. Service de la distribution extérieure, assuré dans les bureaux d'Écluses, Barrages ou Gares, par un facteur municipal.

S. Bureau sémaphorique. Ces bureaux re-

çoivent non seulement les dépêches de ou pour les localités voisines, mais encore celles à destination ou provenant des bâtiments en mer.

IP. (Nom du bureau) (Noms des concessionnaires), pour : bureau d'intérêt privé relié à celui de... pour la correspondance spéciale de...

Kil. Les expressions composées à l'aide de cet indice : 1 kil., 2 kil., 3 kil., etc., indiquent le nombre de fois qu'il y a lieu de percevoir l'unité de la taxe d'exprès, 50 centimes, à titre de frais fixes.

1 kil. ou 2 kil., etc. — Gare chargée de la distribution à domicile.

D. Gare qui admet *au départ* tous les télégr. et n'accepte à l'arrivée que ceux à distribuer dans l'enceinte de la gare ou adressés « Télégraphe restant ».

V. Gare qui n'est ouverte que pour le service des voyageurs et des personnes résidant dans la gare. Les gares V ne sont en mesure de faire aucun service de distribution en dehors de l'enceinte des gares elles-mêmes ; elles ne peuvent par suite accepter *à l'arrivée* que les seuls télégrammes adressés soit aux agents des compagnies ou au personnel des buffets, soit « Télégraphe restant ».

VD. Gare qui admet *au départ* les dépêches des voyageurs et du personnel résidant à la gare, et n'admet *à l'arrivée* aucune dépêche.

⌧ Bureau ouvert au service des mandats télégraphiques.

Bureau projeté ou provisoirement fermé.

Au point de vue de leur disposition, l'Administration française divise les postes en : 1° poste à bifurcation placé au point ou plusieurs lignes se croisent ; 2° poste à embrochage, ayant ses électro-aimants intercalés dans la ligne qui joint deux postes situés de part et d'autre ; 3° poste point de coupure, dans lequel les fils allant aux postes situés de part et d'autre sont coupés et réunis par des bandes de cuivre, pour permettre de faire facilement toutes les vérifications utiles.

Poste central. — Les grandes villes, telles que Paris, Londres, etc., ont un poste central relié d'une part à tous les postes de quartier, d'autre part à tous ceux de province, et qui centralise toutes les dépêches.

Poste portatif. — Voy. Télégraphe.

Poste télégraphique et téléphonique simultané. — Poste permettant de télégraphier et de téléphoner par un même fil. (Voy. Téléphonie).

POSTE TÉLÉPHONIQUE. — Ensemble des appareils servant à la correspondance téléphonique. Le poste est contenu dans un bureau, avec lequel on le confond souvent.

Ces postes se divisent en postes ou cabines publics, ouverts au public moyennant une certaine taxe, et aux abonnés sur la présentation de leur carte, et en postes d'intérêt privé. On a imaginé plusieurs dispositions destinées à supprimer l'agent préposé aux cabines publiques ; mais aucune n'est encore entrée dans la pratique. (Voy. Abonnement et Taxe.)

POTEAU. — Support muni d'isolateurs qui soutiennent les lignes aériennes.

Poteaux en bois. — On se sert le plus souvent de poteaux en bois de pin ou de sapin, ayant ordinairement 6 mètres de hauteur, quelquefois 8 et même 10 ou 12 mètres, pour la traversée des voies de chemin de fer, de certains chemins, etc. On les enfonce dans le sol d'environ 1,50 à 2 mètres.

Dans les courbes, il est nécessaire de consolider les poteaux pour s'opposer à la traction opposée par les conducteurs. Les haubans constituent le procédé le plus économique ; ce sont des câbles en fil de fer galvanisé, fixés à la partie supérieure du poteau et attachés d'autre part à un mur ou à un fort piquet planté dans le sol. On les place dans la direction opposée à l'action des conducteurs.

Les poteaux couplés (fig. 787, C) offrent plus de solidité. Le poteau incliné fait l'office de jambe de force ; il se place dans la même direction que les haubans, mais dans le sens opposé. La résistance est la même que si l'intervalle qui sépare les deux poteaux était plein. La réunion des deux poteaux se fait souvent à l'aide de boulons ou de colliers en fer : il est bon de les joindre de distance en distance par des entretoises boulonnées. La tension des fils tend à enfoncer le poteau incliné ; c'est pourquoi l'on place ordinairement sous le pied de ce poteau une pierre plate ou une pièce de bois qui augmente la surface d'appui.

Les poteaux en bois sont injectés à l'aide d'une substance destinée à empêcher la fermentation de la sève et des liquides intérieurs, ainsi que l'action des insectes. En France, on se sert de sulfate de cuivre (Voy. Injection); dans quelques pays, notamment en Belgique, on fait usage de créosote, qui a l'inconvénient de brûler les mains et les vêtements des ouvriers.

Poteaux en métal. — Les poteaux en bois sont lourds et disgracieux et peuvent finir par pourrir au bout d'un certain temps. Aussi a-t-on essayé de les remplacer par des poteaux en fer ou en fonte.

Nous citerons notamment les poteaux Lemasson (fig. 787, A et B), à plantation rapide ;

on voit en B comment les consoles sont rivées sur le poteau.

Les poteaux de MM. L. Clark, Muirhead and C° (*fig.* 788) sont composés d'une partie souterraine en fonte à nervures, et d'une partie aérienne, qui est un tube de fer conique, renforcé intérieurement par des feuilles d'acier. Les isolateurs sont portés par deux bras reliés par un anneau central, qui s'engage sur le poteau et s'y trouve retenu grâce à la forme conique de celui-ci.

MM. Lazare Weiller et C[ie] construisent des poteaux formés de quatre cornières en acier, qui se réunissent vers le sommet en s'adossant

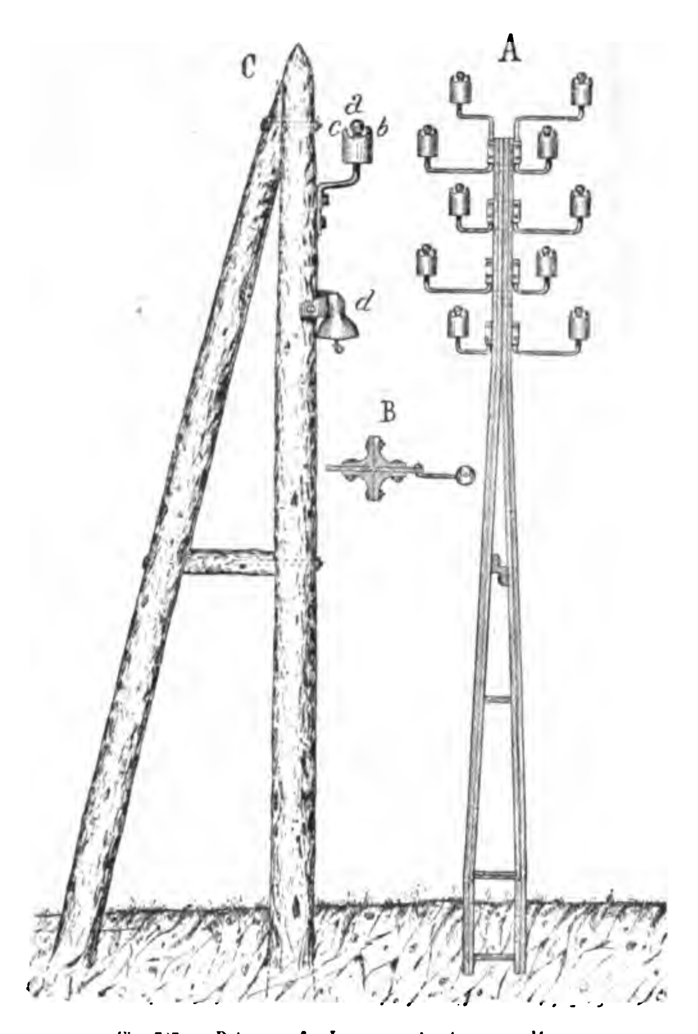


Fig. 787. — Poteau en fer Lemasson et poteaux couplés.

mutuellement, et sont maintenues par des entretoises de distance en distance. Le tout forme une pyramide à base carrée.

On a utilisé pour la construction des poteaux métalliques la tôle et les différentes sortes de fer du commerce, fer cornière, fer à T, fer zorès, etc. Les poteaux métalliques sont plus économiques, quand ils doivent supporter un grand nombre de fils; ils sont plus faciles à transporter et à monter, plus durables, et peuvent recevoir des formes plus élégantes.

POTELET. — Petit poteau fixé à un mur par des consoles à scellement. Les potelets servent notamment pour l'entrée des fils dans les bureaux.

POTENTIEL ÉLECTRIQUE. — Propriété des corps électrisés qui se définit de la manière suivante. Sur un conducteur électrisé, la dis-

tribution n'est pas en général uniforme, et la densité varie d'un point à un autre. Cependant,

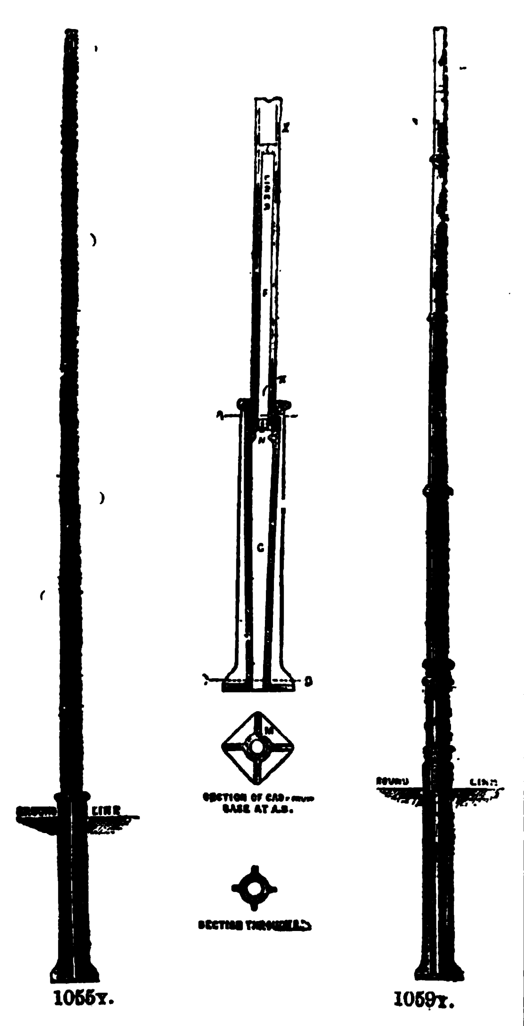


Fig. 788. — Poteaux Latimer Clark, Muirhead and C°.

si l'on relie un point quelconque de ce conducteur par un fil long et fin avec un électromètre placé assez loin pour éviter tout phénomène d'influence, la déviation de l'aiguille ou des feuilles d'or reste la même, quel que soit le point touché de la surface ou de l'intérieur du conducteur. Si l'on double la charge totale, la déviation devient deux fois plus grande.

S'il s'agit d'un corps isolé chargé par influence, la déviation est la même, que le point touché appartienne à la région positive, à la région négative ou même à la ligne neutre. Elle est de même signe que celle produite par le corps influençant, mais plus petite.

Enfin la déviation est nulle pour tout corps en communication avec le sol, qu'il soit chargé positivement ou négativement.

Il y a donc une propriété qui est constante en tout point d'un corps électrisé, bien que la densité soit variable; c'est ce qu'on nomme le *potentiel*. Le potentiel caractérise l'état électrique d'un corps, comme la température définit l'état calorifique. Le potentiel du sol est pris arbitrairement comme zéro; on ne considère donc que les potentiels relatifs. On les compte positivement lorsqu'ils donnent une déviation positive, négativement dans le cas contraire. L'échelle des potentiels est arbitraire. Le potentiel d'un corps varie proportionnellement à sa charge.

Lorsqu'on réunit deux corps électrisés par un fil long et fin, s'il ne passe pas d'électricité de l'un sur l'autre, c'est qu'ils ont le même potentiel; sinon il passe de l'électricité du corps qui a le potentiel le plus élevé sur l'autre.

Autres définitions. — Le sol étant conducteur, le travail nécessaire pour transporter une masse d'électricité positive égale à 1 d'un point déterminé jusqu'à un point quelconque du sol est constant (Voy. TRAVAIL). Ce travail varie seulement avec la position du point considéré. Pour la même raison, il est encore constant pour un point quelconque d'un conducteur. Si, au lieu d'une unité d'électricité, on veut transporter une masse *m*, le travail est évidemment multiplié par *m*. Le travail considéré définit donc aussi l'état électrique du corps et peut être pris comme mesure du potentiel. Cette définition a l'avantage de s'appliquer à un point quelconque du champ et de se prêter à des mesures absolues.

Le potentiel en un point est donc mesuré par le nombre d'unités de travail nécessaires pour transporter une unité d'électricité positive de ce point jusqu'au sol par un chemin quelconque.

Le potentiel a le même signe que le travail des forces électriques.

On démontre que :

La valeur de la force électrique en un point est égale à la dérivée, changée de signe, du potentiel par rapport à la normale à la surface de niveau passant par ce point.

Si, dans un certain espace, le potentiel est constant, la force est nulle, et réciproquement.

Le potentiel en un point est égal à la somme algébrique des quotients obtenus en divisant chacune des masses agissantes par sa distance au point considéré.

Il résulte de là que le potentiel d'une sphère est égal au quotient de sa masse par son rayon.

En effet, c'est la valeur qu'on trouve pour le centre, et il est constant dans tout l'intérieur.

Théorème de Poisson. — *La somme en un point des trois dérivés secondes partielles du potentiel par rapport à trois axes rectangulaires est égale au produit changé de signe de 4π par la densité de la masse agissante en ce point.*

Il résulte de là que cette somme est nulle, s'il n'y a pas d'électricité au point considéré. Cette forme moins générale du théorème a été indiquée d'abord par Laplace.

Les potentiels se mesurent d'ordinaire à l'aide des électromètres.

POTENTIEL MAGNÉTIQUE. — La loi élémentaire étant la même pour les masses magnétiques et pour les masses électriques, le potentiel magnétique se définit comme le potentiel électrique. C'est le travail nécessaire pour amener depuis l'infini jusqu'au point considéré une masse magnétique positive égale à l'unité, ou bien la somme algébrique des quotients obtenus en divisant chacune des masses magnétique en présence par sa distance au point considéré.

POTENTIOMÈTRE. — Appareil destiné à la mesure des différences de potentiel ou des forces électromotrices.

Dans le potentiomètre de Clark (fig. 789), les

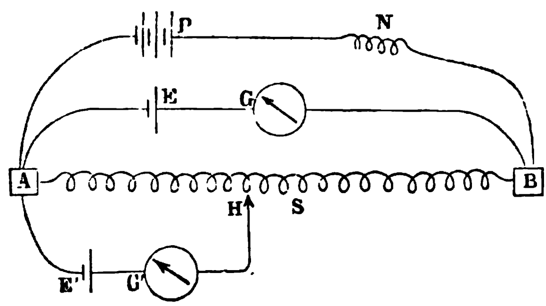


Fig. 789. — Potentiomètre de Clark.

deux piles à comparer sont placées en E et E'. Aux deux bornes A et B sont reliées : 1° une pile auxiliaire P et un rhéostat N; 2° la pile la plus forte E et un galvanomètre G; 3° un fil S bien calibré et placé au-dessus d'une règle divisée en 1000 parties égales.

On règle la résistance du rhéostat N de façon à amener le galvanomètre G au zéro.

Si l'intensité dans le fil divisé est I, on a :

$$E = 1000 \times I.$$

On relie ensuite l'autre pile E' à la borne A et à un curseur H, qu'on déplace sur le fil S jusqu'à ce que le galvanomètre G' soit au zéro. On a de même alors

$$E' = nI.$$

D'où

$$\frac{E'}{E} = \frac{n}{1000}.$$

POUSSIÈRES (PRÉCIPITATION DES). — Voy. CONDENSATION DES FUMÉES et POINTES.

POUVOIR CONDENSANT. — Syn. de FORCE CONDENSANTE.

POUVOIR ÉLECTRO-OPTIQUE. — Propriété que possèdent certains diélectriques de devenir biréfringents lorsqu'ils sont soumis à une déformation électrique intense. Cette propriété a été découverte par M. Kerr en 1875.

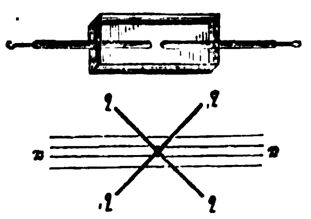


Fig. 790. — Expérience de Kerr.

Une plaque de verre (fig. 790) est creusée de deux trous parallèles à la plus grande face, dans lesquels on introduit deux tiges communiquant avec une bobine d'induction. Si l'on fait tomber perpendiculairement sur la plaque un faisceau de lumière polarisé rectilignement à 45° de la ligne des fils *aa*, par exemple suivant *bb* ou *b'b'*, ce faisceau se comporte à la sortie comme le fait la lumière polarisée elliptiquement.

Le sulfure de carbone, la benzine, les huiles de paraffine, de kérosène, de térébenthine, d'olives, manifestent la même propriété.

M. Röntgen a répété les expériences de Kerr sur une plus grande échelle et a observé des effets magnifiques. Les liquides étaient contenus dans une grande cuve de verre de 12 centimètres de hauteur, contenant deux électrodes reliées l'une au sol, l'autre à une machine électrique. Les nicols étant à l'extinction, la lumière reparaissait, dès qu'on faisait marcher la machine, et avec tant d'intensité que l'œil ne pouvait en soutenir l'éclat.

A la suite d'une série de mesures quantitatives, M. Kerr a donné en 1880 la loi suivante :

L'intensité de l'action électro-optique d'un diélectrique, ou la différence de marche du rayon ordinaire et du rayon extraordinaire, par unité d'é-

paisseur du diélectrique, varie en raison directe du carré de la force électrique.

POUVOIR INDUCTEUR SPÉCIFIQUE. — Si, dans un condensateur, on remplace la lame d'air par une lame d'un isolant ayant exactement la même épaisseur, la capacité de l'appareil augmente. On appelle *pouvoir inducteur spécifique* de la substance isolante le rapport de la capacité du condensateur muni de la lame isolante à celle qu'il avait avec la lame d'air de même épaisseur. Cette quantité s'appelle aussi *capacité inductive spécifique* et *constante diélectrique.*

Le pouvoir inducteur est aussi le rapport des épaisseurs des lames d'air et du diélectrique qui donnent au conducteur la même capacité.

Mesure du pouvoir inducteur. — De nombreuses mesures de la capacité inductive ont été faites, mais la plupart sont entachées d'une grave cause d'erreur; pendant la charge du condensateur, l'électricité pénètre dans la lame isolante, et cette absorption augmente notablement les résultats. M. Gordon a repris cette détermination à l'aide de sa BALANCE D'INDUCTION STATIQUE (Voy. ce mot), et il a évité l'absorption en chargeant le condensateur avec une bobine de Ruhmkorff.

Voici quelques-uns des nombres trouvés par M. Gordon.

Verre	3,243
Paraffine	1,9936
Soufre	2,58
Ébonite	2,284
Chatterton	2,547
Sulfure de carbone	1,81

Pour les gaz, MM. Ayrton et Perry ont trouvé :

Hydrogène	0,9998
Acide carbonique	1,0008
Gaz d'éclairage	1,0004
Acide sulfureux	1,0037

La détermination du pouvoir inducteur présente un grand intérêt : les câbles sous-marins transmettent d'autant plus vite que l'enveloppe isolante a une capacité inductive plus faible. D'autre part, au point de vue théorique, « si l'action électrique était une action directe à distance, il faudrait s'attendre à ce qu'elle se transmette également à travers tous les isolants. Un des arguments les plus puissants en faveur de l'hypothèse qu'elle est une déformation des molécules de l'isolant résulte de ce fait que les divers isolants la transmettent avec des énergies très différentes. » (Gordon.)

POUVOIR MULTIPLICATEUR. — On nomme pouvoir multiplicateur d'un shunt le rapport $\frac{g+S}{S}$ par lequel il faut multiplier l'intensité observée pour avoir celle du courant principal. Les trois bobines du shunt ont généralement des pouvoirs multiplicateurs égaux à 10, 100, 1000.

POUVOIR ROTATOIRE MAGNÉTIQUE. — Propriété que possèdent diverses substances de faire tourner d'un certain angle le plan de polarisation de la lumière, lorsqu'elles sont placées dans un champ magnétique.

Ce pouvoir a été découvert par Faraday sur le verre pesant (borosilicate de plomb). Il est également très développé dans le sulfure de carbone et il existe à un degré moindre dans toutes les substances transparentes, solides, liquides ou gazeuzes. L'effet est maximum

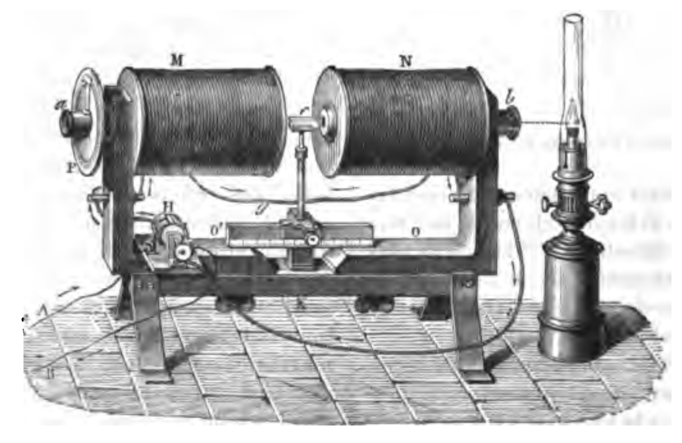


Fig. 791. — Expérience de Faraday (Carpentier).

quand la direction du rayon coïncide avec celle des lignes de force ; il est nul quand ces deux directions sont rectangulaires. L'effet est plus marqué avec les substances monoréfringentes qu'avec les corps biréfringents.

On montre ce pouvoir à l'aide d'un électro-aimant de Ruhmkorff, semblable à ceux qui servent pour l'étude du diamagnétisme (fig. 791). La substance étudiée est placée en *c*, entre les deux pôles de l'électro-aimant, qui est percé d'un trou suivant son axe *ab*. Deux nicols sont placés en *a* et *b* et tournés à l'extinction. Si l'on fait alors passer le courant à l'aide du commutateur H, la lumière reparaît aussitôt. Si l'on a employé de la lumière homogène, on rétablit l'extinction en tournant l'analyseur d'un certain angle, qu on lit sur le cercle P.

Le pouvoir rotatoire magnétique est indépendant du sens dans lequel le rayon se propage. Il en résulte que si l'on fait revenir le rayon sur lui-même, en plaçant un miroir derrière la substance, la rotation est doublée, tandis qu'elle serait annulée dans le cas de la rotation naturelle. De même si, en argentant les deux faces extrêmes du corps, on fait réfléchir le rayon 2, 3, 4... fois (fig. 792), la rotation est multipliée

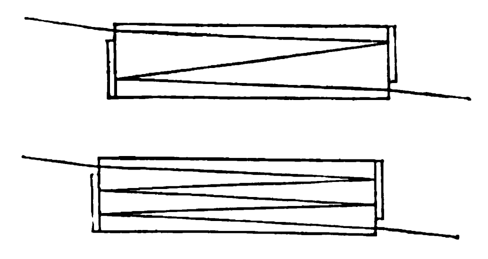


Fig. 792. — Effet des réflexions successives.

par 3, 4, 5..., tandis que la rotation naturelle serait nulle ou égale à la rotation initiale, suivant que la lumière traverserait la substance un nombre pair ou impair de fois.

Pour les substances diamagnétiques, la rotation est dite positive ; elle est de même sens que le courant qui produit le champ. Elle est négative pour la plupart des substances magnétiques.

MM. Ed. Becquerel, Matteucci, Bertin, Edlund, de la Rive, Wertheim, Verdet et plus récemment M. H. Becquerel ont étudié le pouvoir rotatoire magnétique.

Verdet a donné en 1852 la loi suivante :

La rotation du plan de polarisation entre deux points est proportionnelle à la différence du potentiel magnétique entre ces deux points.

M. H. Becquerel a montré que, pour un même groupe de substances, l'expression

$$\frac{R}{n^2(n^2-1)}$$

est à peu près constante, R étant le pouvoir rotatoire magnétique et n l'indice de réfraction ; mais la valeur de cette constante est différente pour les différents groupes.

Pour une même substance, la rotation des diverses radiations peut être représentée assez exactement par

$$\frac{R\lambda^2}{n^2(n^2-1)} = \text{constante},$$

λ étant la longueur d'onide.

Mesure de l'intensité des courants. — La rotation magnétique du plan de polarisation constitue une sorte de *galvanomètre* optique, qui permet de mesurer l'intensité d'un courant en valeur absolue.

Soit α la constante de Verdet, c'est-à-dire la rotation que produit la substance considérée pour une différence de potentiel égale à l'unité. Supposons que la substance forme un long cylindre ou soit placée, si elle est liquide, dans un long tube, qu'on entoure en son milieu d'une bobine formant n spires de grandeur et de forme quelconques. Le tube étant assez long pour que l'action de la bobine soit négligeable aux extrémités, le rayon polarisé traverse n fois le circuit et le potentiel varie chaque fois de $4\pi I$. La rotation est donc $4\pi\alpha nI$. D'où l'on tire I en valeur absolue.

Action du magnétisme terrestre. — M. H. Becquerel a pu mesurer la rotation magnétique produite dans un tube plein de sulfure de carbone par le magnétisme terrestre. MM. Kündt et Röntgen ont calculé quelle serait la rotation produite dans l'air atmosphérique par l'action du magnétisme terrestre. Ils ont trouvé que la lumière, allant du nord au sud, devait traverser 253 kilomètres pour tourner d'un degré. D'après les expériences de M. H. Becquerel, il faudrait 300 kilomètres. M. Becquerel a pu observer une rotation causée par l'action du magnétisme terrestre sur l'atmosphère.

POUVOIR THERMO-ÉLECTRIQUE. — Force électromotrice d'un élément thermo-électrique dont les soudures ont une différence de température de 1°. Ce pouvoir varie avec la température moyenne des soudures (Voy. THERMO-ÉLECTRICITÉ).

PRÉAMBULE. — La transmission de tout télégramme est précédée d'un ensemble de ren-

seignements de service qui, propres à ce télégramme. dont ils constituent en quelque sorte le signalement, sont transmis gratuitement et en forment le préambule.

Ce préambule est composé des éléments suivants qui doivent être inscrits sur la minute et transmis obligatoirement dans l'ordre indiqué ci après :

a. *Nature du télégramme;*

b. *Bureau de destination*, tel qu'il figure dans la nomenclature : faire suivre ce nom du mot « limité » lorsque le télégramme a été déposé à la dernière heure ;

c. *Bureau d'origine;*

d. *Numéro du télégramme;*

e. *Nombre de mots* (dans les télégrammes chiffrés, on indique : 1° le nombre total des mots, qui sert de base à la taxe; 2° le nombre des mots écrits en langage ordinaire; 3° s'il y a lieu, le nombre des groupes de chiffres ou de lettres);

f. Dépôt du télégramme (par trois nombres, *date, heure* et *minute*, avec l'indication m. ou s., matin ou soir);

Dans la transmission par l'appareil Hughes, la date est donnée sous la forme d'une fraction, dont le numérateur indique le jour et le dénominateur le mois;

g. Pour les télégrammes internationaux, *voie à suivre* (quand l'expéditeur l'a indiquée par écrit dans son télégramme); *voie suivie* pour les télégrammes venant de l'étranger et pour lesquels la voie a été indiquée au premier bureau français;

h. *Indications éventuelles* que l'expéditeur n'est pas tenu de comprendre dans le texte taxé, telles que :

« *Nombre des adresses* » ou « *Plusieurs adresses avec arrhes* »	Dans les télégrammes multiples.

Taxes à percevoir. . . . . francs. . . . . centimes dans les télégrammes à faire suivre; *ampliation*, si le télégramme est transmis par ampliation, ou les *indications spéciales* qui, dans les télégrammes-mandats, peuvent suivre et compléter le préambule.

En ce qui concerne la nature du télégramme, on la spécifie par les signes abréviatifs suivants :

	Dans le serv. intérieur.
Télégramme d'État ou officiel..............	Off.
Dépêche de service de chemin de fer.......	Service f...
Observations météorologiques.............	Ob...
Télégramme ou avis de service..............	A
Télégramme sémaphorique officiel.	Off. Sémap...
Télégramme sémaphorique privé..	P. Sémap...
Télégramme privé ordinaire..............	P.
Télégramme privé urgent international...	•

PRESSE-PAPIER ÉLECTRIQUE. — ...pareil imaginé par **M. Trouvé** et ... même principe que ses **bijoux** ani...

Un socle contient une pile d... passent légèrement la face ...



Fig. 793. — Presse-papier électri...

presse-papier proprement dit re... tit électro-moteur destiné à anim... un papillon, un oiseau, qu'on ap... une lentille plan-convexe. Dès ... presse-papier sur son socle, les ... teur se trouvent en contact avec ... et l'animal emprisonné se met à ... les. Le bruit produit par l'élec... déformation des rayons lumineux ... tille aident à l'illusion et l'on cr... pillon se débattant sous un glob... vrer sa liberté.

PRESSE A PILE. — Petite b... se fixant sur les électrodes de la p... cher les rhéophores. La figure 79... modèles destinés l'un au pôle pos... pôle négatif.

PRESSION ÉLECTROSTATIQUE. — ...sion naturelle des particules ... comprendre que, sur un conduct...

lectricité doit être à la surface. De plus, elle doit y être distribuée de telle sorte que la force électrique en chaque point soit normale et dirigée vers l'extérieur. La couche d'électricité fait donc effort vers l'extérieur, comme pour chercher à occuper un volume plus grand. L'air, qui est isolant, s'oppose à cette expansion; mais l'électricité exerce sur lui une pression appelée *pression électrostatique*.

Cette pression est indépendante du signe de

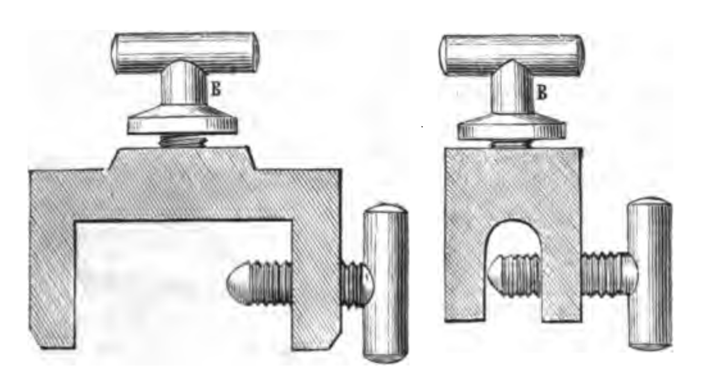


Fig. 794. — Presses à pile (Ducretet).

la charge et proportionnelle en chaque point au carré de la densité. Si la densité est σ, on démontre que la pression électrostatique est $2\pi\sigma^2$.

PRINCIPE DE CARNOT. — Le second principe de la thermodynamique a été indiqué par Carnot et porte son nom. Voici l'énoncé donné par Carnot (*Réflexions sur la puissance motrice du feu*, 1824) :

La puissance motrice (rendement) *de la chaleur est indépendante des agents mis en œuvre pour la réaliser; sa quantité est fixée par la température des corps entre lesquels se fait en dernier résultat le transport du calorique.*

Le rendement, c'est-à-dire le rapport de la chaleur absorbée ou travail produit, est donc indépendant de la nature du corps et ne dépend que des températures extrêmes.

Sir W. Thomson a montré qu'on peut déduire du principe de Carnot et du principe de la conservation de l'énergie un certain nombre de conséquences importantes relativement aux phénomènes magnétiques et électriques.

« 1° Si l'on opère à une température inférieure au rouge, mais assez élevée pour que le coefficient d'aimantation du fer soit décroissant, un morceau de fer doux doit s'échauffer quand on l'approche d'un aimant et se refroidir quand on l'éloigne. On suppose les mouvements assez lents pour éviter les courants d'induction.

« L'inverse aurait lieu aux températures ordinaires, si le coefficient d'aimantation, comme il semble probable, croît avec la température;

« 2° Le cobalt doit se comporter comme le fer : se refroidir quand on l'approche d'un aimant à la température ordinaire, et s'échauffer au contraire quand on opère à une température supérieure à celle du maximum d'aimantation.

« 3° Pour le nickel, il n'y a pas de maximun d'aimantation : à toute température, ce métal doit s'échauffer quand on l'approche et se refroidir quand on l'éloigne d'un aimant;

« 4° Dans un champ magnétique, un cristal se refroidit quand son axe de plus grande induction magnétique, ou de plus petite induction diamagnétique, passe d'une direction parallèle à une direction perpendiculaire à celle du champ.

« Les phénomènes pyroélectriques donnent lieu à des considérations analogues. » (Mascart et Joubert, *Leçons sur l'électricité et le magnétisme*).

PROJECTEUR ÉLECTRIQUE. — Appareil d'éclairage employé depuis quelques années pour la télégraphie optique et pour l'éclairage des manœuvres militaires ou des navires.

On emploie en France le projecteur du colonel Mangin, qui est formé d'une lampe à arc placée au foyer d'un miroir aplanétique (fig. 795). Les charbons peuvent être réglés à la main au moyen du volant M et des vis VV'. Ce mode de réglage, qui semble grossier à première vue, a été préféré parce que l'appareil est ainsi plus robuste et plus capable de résister aux chocs que les régulateurs; il est parfaitement suffisant, parce qu'on n'a besoin en guerre que de périodes d'éclairage fort courtes.

pour ne pas donner à l'ennemi le temps de repérer la position. Cette lampe est disposée dans un tambour cylindrique, fermé au fond par un miroir formé d'un ménisque divergent dont la face postérieure est argentée. Les rayons de courbure des deux faces sont calculés pour donner au faisceau lumineux un parallélisme parfait, bien que l'ouverture du miroir soit presque égale à sa distance focale. Ce faisceau peut être rendu à volonté convergent ou divergent soit en déplaçant le foyer, soit en fermant l'ouverture du cylindre par des portes munies de lentilles convenables.

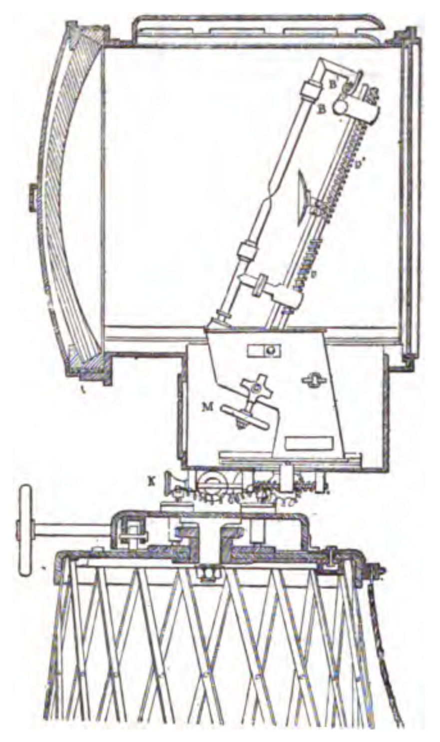


Fig. 795. — Projecteur Mangin.

Le projecteur Mangin est alimenté par une dynamo Gramme, du type DQ, pouvant donner 4000 carcels, commandée directement par un moteur Brotherood, muni d'une chaudière Field donnant une vaporisation très rapide.

L'appareil destiné aux côtes et aux places fortes porte à 7 ou 8 kilomètres. Il est muni d'un miroir de 0,90 m. d'ouverture. Il exige deux chariots : l'un, de 5000 kilogr., traîné par six chevaux, porte la chaudière, le moteur et la dynamo; l'autre, de 750 kilogr., portant le projecteur monté sur un pivot, est traîné par un seul cheval. Un câble double, enroulé sur un tambour, établit les commun[...] jecteur peut être descendu du [...] sur un socle en treillis, appel[...] hommes suffisent pour ce trans[...]

Il existe un modèle de campa[...] reil secondaire, comportant les [...] ments, mais d'une puissance m[...] roir est de 0,60 m. ; la machine es[...] La portée utile est de 4 kilom[...]



Fig. 796. — Projecteur anglais (W[...]

reil tend à remplacer le premier[...] est trop élevé.

Un troisième modèle, dit de ca[...] destiné aux forts d'arrêt pour éclair[...] à battre au canon. Il peut servir au[...] les signaux optiques. Il a une puiss[...] carcels. La voiture à deux roues p[...] née par un seul cheval.

Le projecteur de l'armée allema[...] peu des précédents. Il est muni d[...]

verre, qu'on prétend parabolique, et qui rend parallèles les rayons d'une lampe à charbons horizontaux. Cette lampe est réglée à la main ou automatiquement. Les deux porte-charbons sont mobiles sur des rails. Le charbon positif est plus gros que le négatif, de sorte qu'il s'use de la même quantité ; il tourne son cratère vers le miroir, pour éviter les pertes de lumière.

Le réglage automatique se fait par le système Krizik-Piette, qui fonctionne dans toutes les positions. Les charbons sont fixés à deux noyaux de fer doux coniques qui pénètrent plus ou moins profondément dans deux solénoïdes. Le tout est renfermé dans une boîte métallique et les porte-charbons émergent seuls. Un jeu de lentilles permet de rendre le faisceau divergent. La portée est de 3500 mètres.

Une voiture porte le projecteur, 100 mètres de câble, deux appareils télégraphiques de campagne, système Buckholtz, avec leur bobine à dérouler le câble, enfin une série d'outils ; une autre est chargée de la chaudière, du moteur et de deux dynamos Siemens. Ce projecteur est aussi employé en Italie, en Belgique et en Chine.

La marine anglaise emploie le projecteur (fig. 796), qui ne diffère des précédents que par des modifications de détail. La lampe est légèrement inclinée, et la manœuvre est rendue très sensible par des transmissions de mouvement qui permettent à l'opérateur de diriger à son gré le faisceau lumineux.

PROJECTILES (RECHERCHE DES). — Voy. EXPLORATEUR et BALANCE D'INDUCTION VOLTAÏQUE.

PROPULSEUR ÉLECTRIQUE. — Organe mécanique commandé par un moteur électrique et servant à faire marcher l'appareil auquel il est adapté. Ces propulseurs ont été appliqués à la navigation aquatique et aérienne.

Pour les bateaux (Voy. ce mot), on fait généralement usage d'hélices. Cependant, dans le cas des rivières peu profondes ou encombrées d'herbes, M. Trouvé emploie le propulseur à augets coniques de M. Dupassieux (fig. 797). Dans cet appareil, les augets se comportent tout autrement que les aubes ordinaires, à l'entrée et à la sortie du liquide. La résistance à ces deux moments est tellement atténuée qu'elle peut être considérée comme nulle ; par suite le rendement est très élevé. Le point d'appui du propulseur résulte du coincement du liquide, qui entre par la grande ouverture de l'auget et sort par la petite.

La figure 798 montre un bateau de 9 mètres de longueur, sur lequel s'adaptent à volonté en quelques minutes, soit le propulseur précédent, soit le gouvernail-moteur propulseur décrit plus haut (Voy. BATEAU). Le moteur est mû par les piles Trouvé, placées à l'avant.

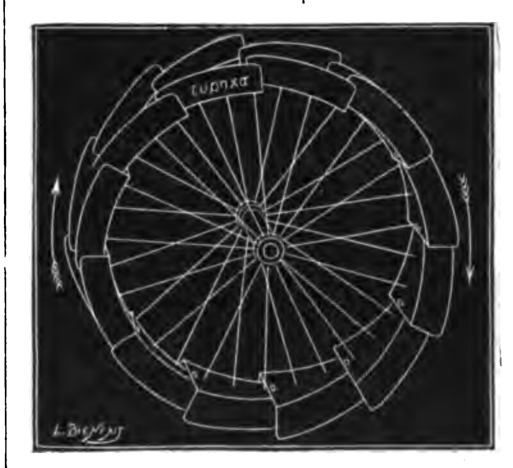


Fig. 797. — Propulseur à augets coniques.

Les propulseurs électriques à hélice ont été également appliqués à la navigation aérienne (Voy. AÉROSTAT).

PROTECTION ÉLECTRO-AUTOMATIQUE DES TRAINS. — On donne ce nom à tout système de dispositions électriques permettant aux trains de chemins de fer de manœuvrer automatiquement les appareils destinés à les protéger et de fournir à distance des indications sur la position qu'ils occupent. Un tel système donnerait évidemment une sécurité absolue, si l'on pouvait compter sur le fonctionnement certain des appareils ; on éviterait ainsi tous les accidents provenant d'erreurs ou d'omissions de la part des employés.

En principe il suffit que le train, lorsqu'il passe en des points déterminés, ferme un circuit contenant le disque ou l'appareil quelconque qu'il s'agit d'actionner. Mais, dans la pratique, la réalisation de cette idée est loin d'être simple.

On a essayé de disposer le long d'un des rails une pédale sur laquelle appuie en passant la roue de la locomotive ; ce mouvement produit la fermeture du circuit. Mais la pédale, frappée successivement par toutes les roues du train, peut être mise assez rapidement hors de service. Pour éviter cet inconvénient, on l'a associée à un soufflet qui laisse pénétrer librement l'air extérieur, au moment où la pédale est abaissée par la locomotive, et qui se ferme dès qu'elle tend à reprendre sa position. L'air s'échappe alors par un petit orifice assez lente-

ment pour que la pédale ne se relève complètement qu'après le passage du train. Malgré ce perfectionnement, les pédales et toutes les pièces mobiles sont trop susceptibles de subir des dérangements pour inspirer une sécurité absolue.

Une solution beaucoup plus simple a été indiquée par M. de Baillehache : elle consiste dans l'emploi d'une pièce de fer isolée, fixée parallèlement au rail et que la locomotive touche en passant. Cette disposition ne paraît sujette à aucun dérangement : elle a été expérimentée avec succès pendant l'Exposition de 1889, et adoptée depuis par plusieurs chemins de fer. (Voy. Rail isolé, Block-system automatique).

PROTOSISMOGRAPHE. — Appareil tant à un enregistreur les mouvements (Voy. Sismographe.)

PUISSANCE. — La puissance électrique a pour mesure le produit de la différence de potentiel par la quantité débitée en une seconde ou par l'...

Le Congrès de 1889 a adopté pour ... tique de puissance le *watt*, appelé

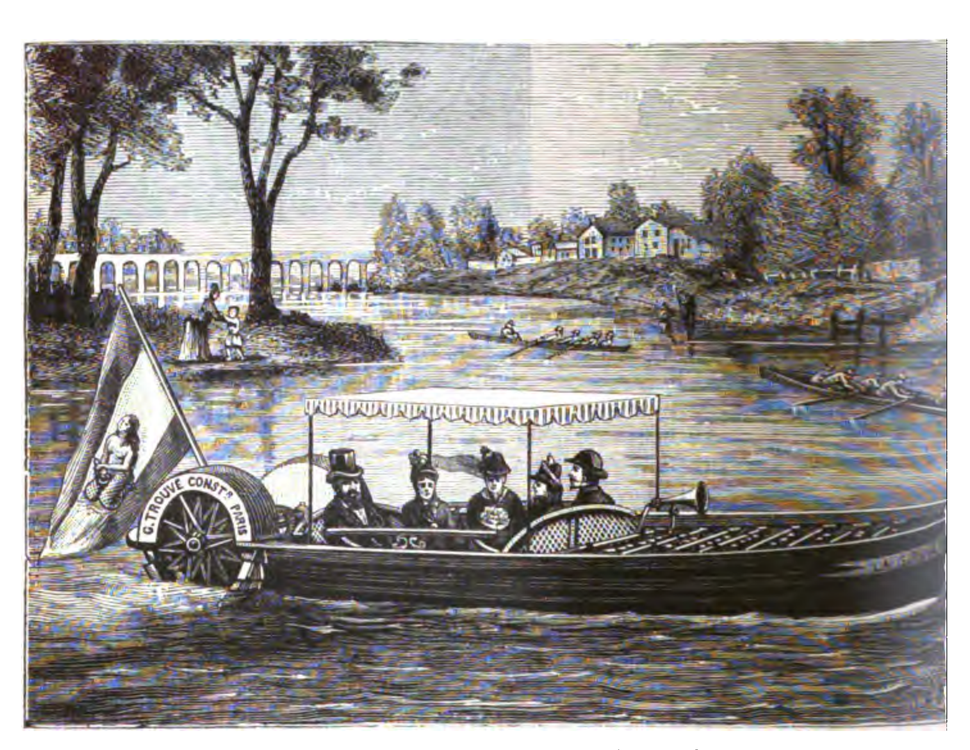


Fig. 798. — Bateau muni d'une hélice et d'un propulseur à augets.

volt-ampère. C'est la puissance correspondant au produit d'un volt par un ampère. Le watt vaut 10^7 unités C.G.S.

PULVÉRISATEUR ÉLECTRIQUE. — Cet appareil, exposé en 1889 par le Dr Huguet (de Vars), présente une application intéressante de l'électricité. Il sert à pulvériser, par une série de décharges, les liquides hygiéniques et antiseptiques destinés aux inhalations.

Il se compose d'une sphère de verre A, percée de quatre orifices B, B', B'', B''' (fig. 799) : les deux premiers portent deux tubes CC', munis de réservoirs DD', dans lesquels on verse le liquide à pulvériser, et se terminant à l'intérieur par des tubes capillaires *cc'*, qui ... un centimètre l'un de l'autre. D'autre ... ventilateur projette par B''' de l'air ... met les deux tubes CC' en communication ... les deux pôles d'une machine de ... dès qu'elle fonctionne, le liquide ... poussière extrêmement fine, et ... l'air que le malade respire par l'...

PYLONE HYDRO-ÉLECTRIQUE. — construit par la société *Électricité* ... (de Liège) et contenant une installation complète d'éclairage électrique (fig. 800).

Les pylônes se composent d'un ... mât élevé et d'une flèche en fer ...

tant un ou plusieurs foyers électriques, d'intensité variable selon la hauteur du mât et les surfaces à éclairer.



Fig. 799. — Pulvérisateur du Dr Huguet (de Vars).

Le socle renferme un appareil dit *dynamo-hydromoteur*, consistant en une turbine, qui travaille par la pression des eaux de la ville, et une dynamo dont l'armature mobile est directement montée sur l'arbre du moteur. Deux atmosphères suffisent à la marche du moteur, et le rendement est de 72 à 74 p. 100. Chaque pylône peut alimenter un ou plusieurs foyers à arc voltaïque, ou bien un lustre de lampes à incandescence. Chaque foyer est muni d'un dérivateur automatique qui intercale, au lieu et place du régulateur, un rhéostat d'égale résistance, lorsque, par une cause quelconque, le courant vient à être interrompu dans la lampe. Si la machine faisait défaut, un déclencheur agirait automatiquement et fermerait instantanément l'admission d'eau. Le moteur n'est donc jamais abandonné à lui-même, et il n'y a pas



Fig. 800. — Pylone hydro-électrique.

lieu de craindre de le voir s'emporter en fonctionnant à vide, ce qui pourrait conduire à sa destruction et à celle de la dynamo.

Le moteur est muni d'un régulateur destiné à lui conserver une vitesse absolument constante, quelles que soient les variations du travail électrique et celles de la pression d'eau.

A Liège, plusieurs de ces pylônes sont installés au parc d'Avroy. Ils sont de 3500 bougies; les dynamos donnent 27 ampères et la durée

des lampes est de 16 heures; la pression hydromotrice est de 4 1/2 atmosphères.

PYROÉLECTRICITÉ. — Électricité produite par un cristal de tourmaline que l'on chauffe. Ce cristal se comporte alors comme un élément de pile ayant une très grande force électromotrice et une très grande résistance intérieure. En reliant les deux bouts par un fil conducteur, on obtient un courant.

La force électromotrice de différentes parties d'un même cristal est proportionnelle à la longueur, et les courants produits varient avec la section transversale moyenne, c'est-à-dire en raison inverse de la résistance. Ces propriétés ont été étudiées par M. Gaugain.

La polarité de la tourmaline ne dépend pas de la température, mais de sa variation. Supposons qu'en chauffant un cristal l'une des extrémités A devienne positive et l'autre B négative. Si on décharge ce cristal en le touchant avec les doigts, et qu'on le laisse refroidir, en revenant à sa température initiale, l'extrémité B devient positive et A négative. Le pôle A est dit *analogue* et B *antilogue*.

La tourmaline n'est pas le seul cristal pyroélectrique. La topaze, l'émeraude du Brésil, la boracite, l'oxyde de zinc, le spath calcaire, le béryl, le spath fluor, le quartz, etc., possèdent la même propriété, mais à un degré moindre. Haüy a remarqué le premier que les cristaux pyroélectriques dérogent à la loi de symétrie; ils présentent ordinairement l'hémiédrie à faces inclinées ou *tétraédrique*. Il paraît exister une relation constante entre ce genre d'hémiédrie et la pyroélectricité.

PYROÉLECTRIQUE. — Se dit des cristaux qui s'électrisent sous l'influence des variations de température.

PYROGRAVURE. — Procédé employé pour décorer le bois, le cuir, le verre, en gravant ces substances à l'aide d'une pointe de métal rougie au feu, ou d'un fil de platine traversé par un courant électrique.

PYROMAGNÉTIQUE (Générateur et Moteur). — Voy. Générateur et Moteur.

PYROMÉNITE. — Avertisseur d'incendie imaginé par M. Forgeot : un ressort, maintenu d'ordinaire par une goupille en alliage fusible, devient libre par la fusion de cette goupille et vient fermer un circuit contenant une sonnerie.

PYROMÈTRE ÉLECTRIQUE. — M. Siemens et plusieurs autres inventeurs ont imaginé des pyromètres fondés sur la variation de la résistance électrique du platine avec la température. Ces appareils ne donnent pas de bons résultats, parce qu'il se produit des changements d'état moléculaire, qui influent sur la valeur de la résistance.

PYROPHONE. — Le pyrophone de M. Kastner est formé d'une série de tuyaux sonores en verre mis en vibration par de petites flammes de gaz, comme dans l'expérience de l'harmonica chimique. Chaque tube renferme deux flammes de gaz mobiles; pour faire parler le tuyau, il faut séparer ces flammes. L'électricité intervient pour produire l'écartement des becs; chaque système de becs est commandé par l'armature d'un électro-aimant.

Q

QUADRANT. — On donne ordinairement ce nom à l'unité pratique de coefficient de self-induction, qui vaut 10^9 unités C.G.S. La même unité reçoit parfois en Angleterre le nom de *secohm* et en Amérique celui de *henry*.

QUADRUPLEX. — Système de transmission télégraphique permettant de transmettre quatre dépêches à la fois, deux dans un sens et deux dans l'autre.

QUANTITÉ D'ÉLECTRICITÉ. — Syn. de masse et de charge électrique.

L'unité de quantité d'électricité dans le système électrostatique est la quantité d'électricité positive qui, agissant sur une quantité égale placée à un centimètre, la repousse avec une force égale à une dyne.

L'unité pratique employée le plus souvent est le *coulomb*.

Quantité d'électricité mise en mouvement par l'induction. — La quantité totale d'électricité mise en mouvement par l'induction est égale au quotient de la variation totale du flux par la résistance du circuit. Elle ne dépend ni du temps qu'a duré la variation, ni de la manière dont elle s'est faite.

Mesure des quantités d'électricité. — Ces quan-

tités peuvent se mesurer d'une part à l'aide de la balance de Coulomb et des électromètres, d'autre part à l'aide d'un galvanomètre balistique. Dans le cas des courants, on peut déduire cette mesure de celle de l'intensité. Les compteurs d'électricité servent aussi à mesurer les quantités d'électricité.

QUANTITÉ (MONTAGE EN). — Voy. COUPLAGE et MONTAGE.

QUANTITÉ DE MAGNÉTISME. — Syn. de masse magnétique. (Voy. AIMANT.)

L'unité de quantité de magnétisme ou unité de pôle est la quantité qui agit sur une quantité égale placée à un centimètre avec une force d'une dyne.

QUARTZ. — Le quartz s'électrise quand on le comprime. (Voy. PIÉZO-ÉLECTRICITÉ.)

R

RADIATIONS CALORIFIQUES (MESURE DES). — Voy. THERMOMÈTRE.

RADIOMÈTRE ÉLECTRIQUE. — Le radiomètre, imaginé par M. Crookes, se compose d'un récipient en verre dans lequel on a fait un vide très parfait, et qui contient un petit moulinet formé de quatre palettes en aluminium, noircies sur une de leurs faces, et pouvant tourner autour d'un axe vertical. Il suffit qu'un faisceau lumineux ou calorifique vienne frapper les palettes pour produire la rotation.

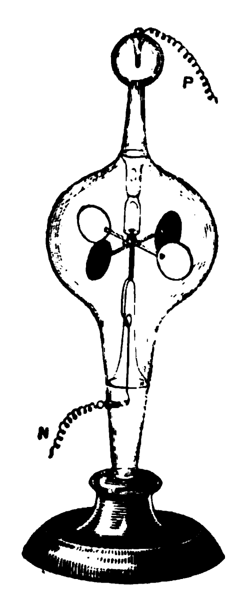


Fig. 801. — Radiomètre électrique.

Le radiomètre électrique (fig. 801) sert à montrer les propriétés de la matière radiante (Voy. ce mot); il a des palettes en aluminium, revêtues de mica sur une de leurs faces. La chape sur laquelle porte l'axe de rotation est en acier dur au lieu d'être en verre, et la pointe sur laquelle il pivote est reliée par un fil métallique avec une électrode de platine scellée dans le verre. Au sommet de l'appareil est fixée une seconde électrode : ces deux électrodes communiquent avec une bobine d'induction, de manière que l'arbre mobile représente le pôle négatif.

« La pression la plus convenable est un peu supérieure à celle pour laquelle l'espace sombre qui entoure le pôle négatif s'étend jusqu'aux parois de la boule de verre. Lorsque la pression n'est plus que de quelques millimètres de mercure, le courant d'induction produit sur la face métallique des disques un halo de lumière violette veloutée, tandis que la face couverte de mica reste obscure. A mesure que la pression diminue, on voit un espace sombre séparer le halo du métal. A la pression d'un demi-millimètre, cet espace sombre s'étend jusqu'au verre et la rotation commence. En continuant à faire le vide, l'espace sombre s'élargit encore et semble s'aplatir contre le verre, et la rotation devient très rapide.

« L'appareil (fig. 802) sert à montrer la force mécanique de la matière radiante lancée du pôle négatif. Le moulinet *bb* est formé de quatre palettes carrées de mica mince et transparent, portées par de légers bras d'aluminium, fixés à une petite chape de verre qui repose sur une pointe d'aiguille terminant la tige *a*. Les palettes sont inclinées à 45°. Au-dessous du moulinet est fixé un anneau en fil de platine très fin *cc*, dont les extrémités traversent le verre en *dd*. Une électrode d'aluminium *e* est scellée au haut de l'ampoule, dans laquelle le vide a été poussé très loin. Si l'on relie l'anneau *c* au

pôle négatif d'une bobine d'induction et le fil *e* au pôle positif, les palettes se mettent à tourner très vite.

« Ce radiomètre permet de faire une autre

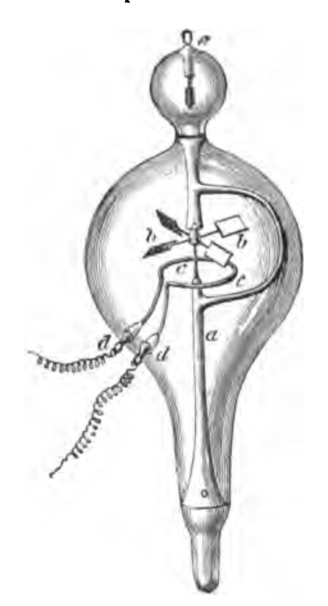


Fig. 802. — Radiomètre à palettes inclinées.

expérience. On enlève la bobine d'induction et l'on attache les deux bouts *dd* du fil de platine aux pôles d'une pile suffisante pour faire rougir l'anneau. Le moulinet se met à tourner aussi vite que sous l'influence de la bobine.

« Dans un vide presque parfait, la matière radiante est donc non seulement excitée par le pôle négatif d'une bobine d'induction, mais un fil porté au rouge la met en mouvement avec une force suffisante pour faire tourner les palettes inclinées. » (GORDON, *Traité d'électricité.*)

M. Baur a donné le nom de radiomètre à un thermomètre formé de deux bandes d'étain, enroulées en spirale sur les deux faces d'un cylindre de bois. Ces deux feuilles formant les deux branches d'un pont de Wheatstone, la résistance de l'une d'elles varie si elle est frappée par des radiations calorifiques : cette variation de résistance permet de mesurer l'échauffement. Nous décrivons à l'article THERMOMÈTRE une disposition analogue.

RADIOMICROMÈTRE. — Thermomètre électrique imaginé par M. Vernon-Boys et destiné à mesurer de très faibles variations de température. Il est formé d'une croix dont le centre est en antimoine et les bras en bismuth. Quatre fils de cuivre, partant des extrémités de ces bras, vont aboutir à un anneau de même métal, parallèle au plan de la croix. Ce r- thermo-électrique est placé sur u- les deux pôles d'un aimant. Quan- branches de la croix s'échauffe, ... met à tourner. M. Vernon-Boys a ... ce principe un galvanomètre, comp... ment thermo-électrique, form... soudés et suspendu dans un cha... tique. Cet instrument peut rempl... mètre; d'après l'auteur, il accuserai... vingt-dix millionième de degré, ce ... pond à une force électromotrice d'... dix millionième de microvolt.

RADIOPHONE. — Appareil qui ... son lorsqu'il est frappé par des radia... rifiques, lumineuses ou chimiques. ... nature des radiations employées. ... divise les radiophones en thermoph... tophones et actinophones. Les premi... être constitués par la plupart des ... vapeurs ; la vapeur d'iode et le perox... sont surtout sensibles aux radiati... neuses. Enfin on ne connait pas d'a...

Il existe d'autres appareils dans l... transformation se fait indirectement ... photophone à sélénium de Bell, décr... (Voy. PHOTOPHONE).

RADIOPHONIE. — M. Mercadier ... nom à un phénomène qui peut s'én... un rayon lumineux, rendu interm... tombe sur une plaque mince appli... l'oreille, soit directement, soit par l... diaire d'un tube en caoutchouc et ... acoustique, produit un son dont ... de vibrations est égal à celui des inte... du rayon lumineux dans une seconde.

Un faisceau de lumière parallèle ...

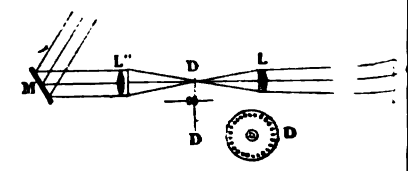


Fig. 803. — Radiophone.

concentré par la lentille L" sur le ... roue D percée d'orifices disposés e... est ensuite envoyé sur une plaque T ... de zinc ou de toute autre substance ... l'orifice d'un tube dont l'autre extr... maintenue contre l'oreille de l'obser... Si l'on fait tourner la roue D, le fais... neux tombe sur la plaque T chaque ... rencontre un des orifices de cette r...

intercepté dans l'intervalle. Le son perçu est plus faible que dans l'expérience analogue faite avec le sélénium (Voy. ce mot). On peut même recevoir directement dans l'oreille le rayon lumineux intermittent, et on entend encore un son. Les rayons calorifiques donnent aussi naissance à un son faible.

Au lieu d'un disque métallique perforé, il est préférable d'employer un disque de verre plein, recouvert d'une feuille de papier opaque, dans laquelle on découpe des ouvertures pour le passage des rayons. On évite ainsi le bruit produit par le frottement de l'air contre les ouvertures, qui pourrait empêcher d'entendre le son. On peut aussi faire usage d'un disque ayant plusieurs séries d'ouvertures, placées sur des circonférences concentriques : on obtient ainsi des sons de hauteur différente, si la lumière traverse successivement les diverses séries de trous, et des accords si elle les traverse simultanément. Le récepteur le plus commode est un cornet en bois, formé de deux parties qui entrent l'une dans l'autre à frottement et qui maintiennent entre elles la lame en expérience. Un tube de caoutchouc relie ce cornet à un cornet acoustique en bois, qu'on place contre l'oreille.

M. Mercadier résume ainsi ses recherches :

1° La radiophonie ne paraît pas être un effet produit pur la masse de la lame réceptrice vibrant transversalement dans son ensemble, comme une plaque vibrante ordinaire, car une lame quelconque reproduit également bien tous les sons successifs, des plus graves aux plus aigus, et les accords dans tous les tons possibles.

2° La nature des molécules du récepteur ne paraît pas avoir un rôle prédominant, car, à épaisseur et surface égales, tous les récepteurs donnent des sons de même hauteur et de même timbre.

3° Le phénomène semble résulter principalement d'une action exercée à la surface du récepteur, car toute opération qui diminue le pouvoir réflecteur et augmente le pouvoir absorbant accroît l'intensité du son.

4° Le phénomène dépend directement de la quantité de radiations reçues par le récepteur. On diminue en effet l'intensité du son en diminuant la quantité de radiations à l'aide de diaphragmes.

5° Les sons radiophoniques sont produits principalement par les radiations de grande longueur d'onde, dites calorifiques.

Ce serait donc, comme dans le radiomètre, une transformation de l'énergie thermique des radiations.

RAIL ISOLÉ (CONTRE-). — Disposition imaginée par M. E. de Baillehache pour assurer la sécurité des trains de chemins de fer, et qui peut s'appliquer dans un grand nombre de cas. Cet appareil est d'une simplicité extrême : il consiste en une plaque de tôle d'acier de 4,5 millimètres d'épaisseur, isolée par des plaques de caoutchouc, qui est fixée parallèlement au rail et à une très petite distance, de sorte que les roues de la locomotive en passant établissent un contact métallique entre les deux pièces. Le contre-rail est relié par un fil avec l'appareil de protection (sonnerie, etc.) et avec une pile dont l'autre pôle est à la terre : le passage du train ferme donc le circuit. Le contact ainsi établi est toujours bon, car le frottement des roues met toujours à nu les surfaces des rails, même lorsqu'elles sont salies, oxydées ou couvertes de neige. En réalité, il peut se faire que souvent le contre-rail ne soit pas parfaitement isolé et qu'un courant continu traverse le circuit; mais il suffit de disposer l'appareil de protection pour que ce courant, beaucoup plus faible que celui qui est établi par le contact métallique des roues, ne le fasse pas fonctionner.

La figure 71 montre en détail la disposition d'un contre-rail isolé; nous nous bornerons donc à indiquer ici les principales applications de cette ingénieuse invention. Nous avons déjà signalé son emploi pour les passages à niveau; voici une disposition nouvelle, perfectionnée tout récemment par l'inventeur (fig. 804). Deux sonneries de timbre différent sont placées au gardiennage du passage; chacune d'elles est reliée avec trois contre-rails, placés à des distances connues. On voit en outre deux fils de ligne, partant de la gare la plus voisine, où sont placés un téléphone, un interrupteur, un bouton de sonnerie et deux piles, mises à la terre par un de leurs pôles. Cette disposition est surtout utile pour les lignes à une seule voie. Le garde-barrière saura si le train vient de A ou de B, suivant qu'il entendra d'abord la sonnerie à timbre circulaire ou la sonnerie conique; de plus, il sera averti trois fois. Cette disposition peut servir aussi à contrôler la marche du train et à mesurer sa vitesse, ou bien à lui permettre d'actionner d'autres appareils de protection, par exemple à faire apparaître au passage à niveau un écriteau : *Défense de passer*, et à effacer ce signal lorsqu'il a franchi la barrière.

Le téléphone peut être mis dans le circuit à l'aide de l'interrupteur. Il permet à la gare A de suivre la marche du train ; car les vibrations des sonneries se répercutent dans le téléphone lorsque le train franchit les contre-rails. On entend donc passer le train dans le téléphone, et l'on peut même, avec un peu d'habitude, compter le nombre des wagons et savoir si le train est composé uniquement de wagons ordinaires, ou s'il renferme des voitures montées à grand écartement sur quatre paires de roues.

La seconde pile qu'on voit à la gare A est une

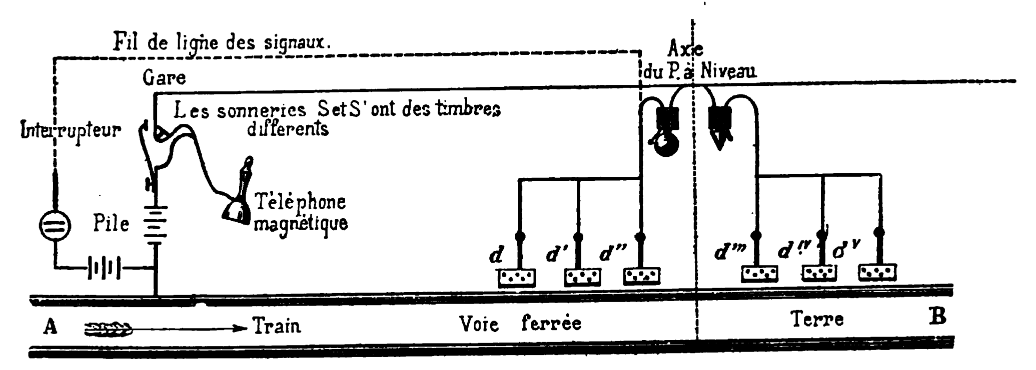


Fig. 804. — Application du rail isolé aux passages à niveau.

pile de secours, qui peut renforcer la pile ordinaire s'il en est besoin. On utilise alors le fil de ligne marqué en pointillé.

Si un accident est à craindre, une collision par exemple sur voie unique, on peut, de la gare A, en pressant sur le bouton de sonnerie figuré à la gauche du dessin, fermer un circuit complètement métallique. Le courant part de la pile, passe dans le bouton, suit le fil pointillé, entre dans la sonnerie du côté du marteau, passe ensuite sur le fil plein, de là dans l'interrupteur en contact avec l'autre pôle de la pile. Dans ce cas, le contre-rail n'est pas utilisé, et le circuit est complètement métallique. En prolongeant le fil pointillé jusqu'au dernier passage à niveau, et par un montage analogue, on arriverait à

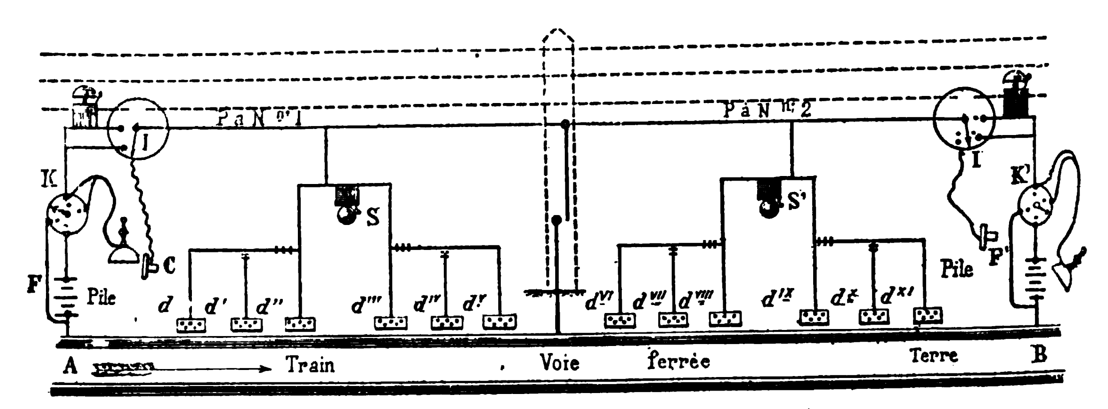


Fig. 805. — Application du rail isolé au block-system.

commander, de la gare A, toutes les sonneries à timbre circulaire ou conique de la section, ou, ce qui serait préférable, des cloches d'alarme placées, suivant la déclivité du terrain, en des points variables ; la mise en branle de ces cloches serait, pour les mécaniciens, un signal d'arrêt absolu. On aurait ainsi une sécurité complète.

Le même système peut s'adapter au block-system ; la figure 805 montre la disposition d'une section ; A et B sont les postes qui limitent cette section. On a supposé qu'elle renferme deux passages à niveau, munis chacun de deux sonneries ayant des timbres différents, comme dans le cas précédent.

Le contact des roues avec les contre-rails ac-

tionne l'une des sonneries du passage à niveau, et les sonneries des postes A et B ; ceux-ci peuvent donc contrôler facilement la marche du train. Les piles se trouvent supprimées aux passages à niveau, et l'on peut même supprimer le gardiennage de ces passages, en faisant mouvoir les barrières automatiquement par les contre-rails. Les postes A et B sont munis de téléphones qu'ils peuvent introduire à volonté dans le circuit, au moyen des commutateurs à manette KK'. CC' sont des fiches métalliques servant au même usage, lorsqu'on remplace les commutateurs à manette par des commutateurs bavarois.

Enfin l'on voit, au milieu de la section, un poteau avec deux fils verticaux, dont l'un est soudé au fil de ligne et terminé par une borne, et l'autre en relation avec le rail, c'est-à-dire avec la terre, et également terminé par une borne. Cette disposition permet de créer des postes de secours très économiques, et par conséquent de les multiplier. En cas de détresse, le chef de train n'a qu'à réunir les deux bornes par un interrupteur, pour avertir les postes A et B par des appels de sonnerie distincts et conventionnels. Il peut également adapter aux deux bornes un appareil téléphonique, et se mettre en relation avec ces postes, ou avec la gare la plus voisine.

Ce système peut être adapté aux poteaux télégraphiques; il évite au chef de train de se déplacer, ou d'envoyer son garde-frein demander du secours à un poste éloigné, lorsque le train se trouve arrêté, par exemple dans la neige.

La figure 806 montre la disposition du contre-rail isolé dans le cas d'une bifurcation. Ce rail est placé à 1200 mètres environ du disque

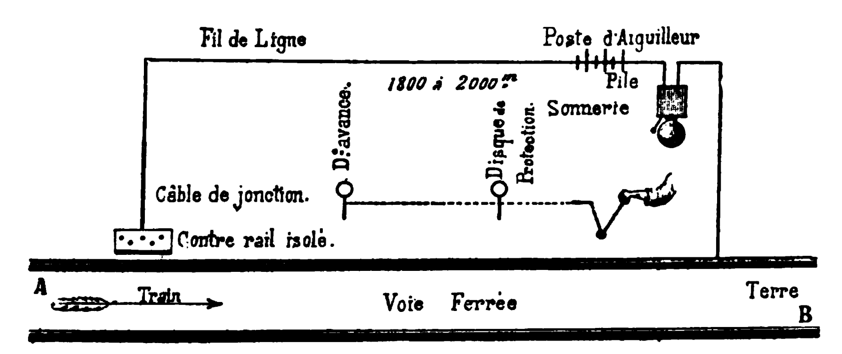


Fig. 806. — Application du rail isolé aux bifurcations.

avancé. En admettant que le train ait une vitesse de 60 kilomètres à l'heure, l'aiguilleur aura donc 1 min. 20 sec. pour faire son disque avancé. Ce temps suffit parfaitement pour assurer un bon service d'exploitation.

Il arrive aussi parfois qu'un mécanicien brûle un signal, c'est-à-dire ne voit pas que le disque est fermé, et continue sa marche. Afin d'appeler l'attention du mécanicien, les disques avancés sont munis de pétards. C'est là une bonne précaution, mais elle ne suffit pas toujours; et il serait intéressant pour la sécurité de placer, à 20 mètres du disque avancé, un second avertisseur, qui actionnerait soit la même sonnerie que le premier contre-rail isolé, soit de préférence une sonnerie d'un timbre différent. On pourrait même facilement prendre une disposition électrique qui permettrait, si on le préférait, de ne faire tinter cette seconde sonnerie, dite d'alarme, que si, le disque étant à l'arrêt, le mécanicien avait passé outre.

Dans ce cas, il ne serait pas superflu que la sonnerie d'alarme du poste de l'aiguilleur fût remplacée par un relai, qui actionnerait en même temps, lorsque le *voyant* tomberait, une cloche placée sur le quai des voyageurs, à la gare où une collision pourrait être à redouter.

L'espace compris entre le disque avancé et le poste de l'aiguilleur est environ de 1800 mètres. Admettons que ce poste d'aiguilleur soit à 300 mètres de la gare : le chef de gare serait donc prévenu 2 minutes au moins avant qu'une collision soit à redouter, dans l'hypothèse où le mécanicien qui aurait brûlé le signal marcherait avec une vitesse de 60 kilomètres à l'heure.

Le contre-rail a été appliqué avec le plus grand succès au chemin de fer Decauville, pendant l'Exposition de 1889. L'exploitation de ce chemin de fer était des plus difficiles. Dans l'après-midi, les trains partaient sans heure réglée, dès qu'ils étaient remplis. En certains

points, les courbes et la faible largeur de la voie ne permettaient aux mécaniciens d'apercevoir les disques qu'à une distance de 25 mètres. Dans ces conditions exceptionnellement dangereuses, l'emploi du contre-rail isolé a permis d'avertir régulièrement les gares et les passages à niveau, et l'on a pu faire passer jusqu'à deux cent cinquante trains en douze heures, sans avoir aucun accident à déplorer. A la suite d'une expérience aussi concluante, cet appareil a été adopté par les chemins de fer d'Orléans et de l'Etat.

RANGE. — Mot tiré de l'anglais. Soit i l'intensité minima qui est nécessaire pour actionner un récepteur électro-magnétique, et I l'intensité maxima qu'il peut supporter sans inconvénient; le range de cet appareil est $\frac{I}{i}$.

RAPPEL. — Appareil permettant d'attaquer un poste avec lequel on n'est pas en communication permanente. Soient trois postes successifs A, B, C; un rappel est embroché sur la ligne en B. Si A envoie, par exemple, un courant positif, ce courant traverse le rappel sans produire aucune action, et se rend au poste C qu'il attaque. Si le courant envoyé par A est négatif, le rappel de B agit sur la sonnerie de ce poste, et l'avertit qu'il est attaqué. Le poste C pourra attaquer de même A ou B, en envoyant un courant négatif s'il s'adresse à A, positif s'il veut agir sur le rappel placé en B. Les rappels fonctionnent donc par inversion de courant.

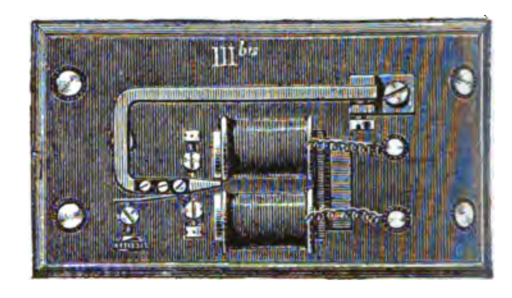


Fig. 807. — Rappel par inversion de courant.

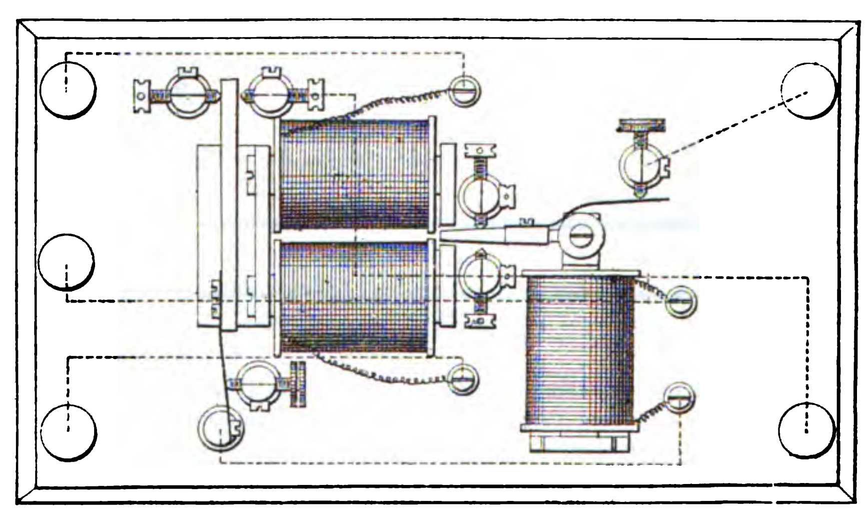


Fig. 808. — Rappel sans aimant de M. G. Dumont.

Les bureaux municipaux de l'État emploient un rappel formé d'un électro-aimant et d'un aimant permanent (fig. 807); celui-ci, qui est recourbé, porte à l'une de ses extrémités une palette de fer doux, s'aimantant sous l'action du pôle voisin. Cette palette peut osciller entre les deux pôles très rapprochés de l'électro-aimant, qui est embroché sur la ligne réunissant les deux postes considérés. Tant que l'électro reçoit des courants d'un certain sens, la palette est attirée vers l'un des pôles; quand il reçoit des courants de sens contraire, elle se précipite vers l'autre pôle. Dans l'un des cas seulement, elle vient toucher un buttoir, et ferme un circuit local contenant une sonnerie.

Les aimants sont exposés à perdre leur magnétisme sous l'influence d'un orage, ou pour toute autre cause. Aussi a-t-on essayé de faire des rappels sans aimant. MM. Grassi et Bel ont exposé, en 1881, un rappel dont l'aimant était remplacé par un électro-aimant, actionné par une pile locale.

M. G. Dumont a perfectionné cet appareil

lui a donné la forme représentée par la figure 808. Deux électro-aimants droits, parallèles, sont embrochés sur la ligne; ils sont enroulés en sens contraire, de sorte que le passage d'un courant donne aux noyaux des polarités opposées. A gauche de ces électros se trouve une armature ordinaire. A droite, entre les deux pôles contraires, qui sont très rapprochés, oscille une languette de fer doux, articulée à l'extrémité du noyau d'un électro-aimant local, qui reçoit un courant toujours de même sens, et agit comme l'aimant fixe de l'appareil précédent.

Lorsqu'un courant est lancé dans la ligne, l'armature de gauche est attirée par les pôles voisins, ferme le circuit d'une pile locale sur le troisième électro-aimant, et donne à la languette mobile une polarité qui est toujours la même, quel que soit le sens du courant de ligne. Cette languette, suivant le sens du courant, se précipite vers l'un ou l'autre des pôles voisins; dans un cas, elle n'agit pas; dans l'autre, elle actionne la sonnerie du poste. Dans ce dernier cas, un ressort antagoniste l'écarte du pôle, dès que le courant cesse de passer. Cet appareil est employé avec succès par la Compagnie de l'Est depuis plusieurs années.

RÉACTION ÉLECTRIQUE. — On nomme réaction, en médecine, les actes physiologiques par lesquels un organe répond à une excitation quelconque. Tout état pathologique d'un organe peut modifier sa réaction. Les réactions peuvent donc servir utilement au diagnostic. Nous n'avons à signaler ici que les réactions électriques, qui sont d'ailleurs les plus connues. Les plus intéressantes sont celles des nerfs et des muscles; on peut les exciter à l'aide du courant galvanique ou du courant faradique.

RECENSEUR ÉLECTRIQUE. — Appareil destiné à additionner et classer rapidement les indications recueillies dans un recensement. Ces renseignements sont relevés sur des cartes de format uniforme. Les cartes sont introduites une à une dans l'appareil, qui a l'apparence d'un composteur à levier de grandes dimensions, après avoir été percées avec des épingles aux points correspondant aux indications relevées. Quand une carte est mise dans le recenseur, chaque épingle plonge dans un godet de mercure, et ferme un circuit qui contient un récepteur du genre Morse. Dans chaque récepteur actionné, une aiguille avance d'une division sur un cadran. Les renseignements sont donc recueillis et totalisés automatiquement à chaque coup de levier. En même temps, le levier rabat, au moyen d'un électro-aimant, le couvercle d'un compartiment formant classeur, de sorte que toutes les cartes ayant des indications communes, l'âge par exemple, sont réunies en un même paquet. Chaque compartiment porte un cadran indiquant automatiquement le nombre des cartes qu'il contient.

RÉCEPTEUR. — Partie d'un appareil télégraphique servant à recevoir les dépêches.

RÉCEPTION. — Action de recevoir une dépêche ou de la traduire en langage ordinaire, lorsqu'elle est écrite en signes conventionnels.

RÉCEPTRICE. — Machine dynamo-électrique qui reçoit un courant électrique et fonctionne comme moteur (Voy. MACHINE, MOTEUR, TRANSMISSION DE L'ÉNERGIE).

RECHARGEUR. — Sir W. Thomson a nommé *replenisher* ou rechargeur une sorte de petite machine électrostatique disposée à l'intérieur de son électromètre absolu (Voy. ce mot), et destinée à maintenir constant le potentiel du plateau A (fig. 305); une *jauge* permet de vérifier cette constance.

RECTIFICATION DES ALCOOLS. — Application de l'électrolyse à la désinfection des phlegmes et des alcools de mauvais goût (Voy. ALCOOLS).

RÉFRACTION DE L'ÉLECTRICITÉ. — M. Tribe a constaté, en 1881, que l'électricité se réfracte comme la lumière, le son et la chaleur. Au milieu d'une cuve contenant un électrolyte, il intercalait un autre liquide limité par deux cloisons poreuses, faisant un angle variable avec les parois de la cuve. Il étudiait la direction du mouvement électrique, en suspendant des plaques métalliques entre les électrodes.

RÈGLEMENT. — On trouvera aux mots ABONNEMENT, TAXE, etc., des extraits de différents règlements intéressant l'électricité. Nous citerons ici un règlement publié en juin 1888 et relatif à l'établissement des conducteurs pour l'éclairage et le transport de la force.

ART. 1er. — Les conducteurs électriques destinés au transport de la force ou à la production de la lumière ne peuvent être établis qu'après une déclaration adressée deux mois à l'avance au préfet du département ou au préfet de police dans le ressort de sa juridiction. Cette déclaration est enregistrée à sa date; il en est donné récépissé. Elle est communiquée sans délai au chef du service local des postes et télégraphes; elle est transmise par ses soins à l'Administration centrale chargée d'assurer l'exécution du décret du 27 décembre 1851.

En cas d'urgence, et en particulier dans le cas d'installation temporaire, le délai de deux mois prévu au paragraphe précédent peut être abrégé par le préfet, sur la proposition du chef du service des postes et télégraphes.

ART. 2. — Sont exemptées de la formalité de la

déclaration préalable les installations faites à l'intérieur d'une même propriété, lorsque la force électromotrice des générateurs ne dépasse pas 60 volts pour les courants alternatifs de 500 volts pour les courants non alternatifs.

Art. 3. — La déclaration prévue à l'article 1er doit être accompagnée d'un projet détaillé de l'installation indiquant la nature du générateur d'électricité, le maximum de la différence de potentiel aux bornes de la machine, le maximum de l'intensité à distribuer dans chaque branche de circuit, la spécification des conducteurs employés et les précautions prises pour les isoler et les mettre hors de portée du public. Elle est également accompagnée d'un tracé de la ligne et, s'il y a lieu, d'un tracé du dispositif de la distribution ; les parties distinctes de la ligne et de la distribution sont désignées par une série régulière de lettres et de numéros d'ordre.

Toute modification d'une installation déclarée donne lieu à une nouvelle déclaration dans les conditions prévues à l'article 1er.

Art. 4. — Les machines génératrices doivent être placées dans un local où les conducteurs soient bien en vue; elles doivent être convenablement isolées.

Si les courants émis sont de nature à créer des dangers pour les personnes admises dans ce local, les conducteurs sont placés hors de la portée de la main; dans les parties où cette condition ne peut être réalisée, ils sont garnis d'enveloppes isolantes. Dans les cas où, à raison de la nature des courants et de l'importance des forces électromotrices obtenues, ces dangers seraient particulièrement graves, il doit être prescrit par le règlement intérieur de l'exploitation, pour les ouvriers de service, des précautions particulières, telles que l'emploi de gants en caoutchouc.

Une affiche, apposée d'une manière très apparente dans la salle des machines, indique les consignes qui doivent être observées par les ouvriers en vue d'assurer leur sécurité.

Art. 5. — L'usage de la terre et l'emploi des conduites d'eau ou de gaz pour compléter le circuit sont interdits.

Art. 6. — Dans chacune des sections du circuit, le diamètre des conducteurs doit être en rapport avec l'intensité des courants transportés, de telle sorte qu'il ne puisse se produire, en aucun point, un échauffement dangereux pour l'isolement des conducteurs ou pour les objets voisins. Les raccords doivent être établis de façon à ne pas introduire dans le circuit des points faibles au point de vue mécanique ou présentant une résistance électrique dangereuse.

Art. 7. — Les fils doivent être suffisamment éloignés des masses conductrices, en particulier des tuyaux d'eau ou de gaz, pour qu'il ne puisse se produire de phénomènes dangereux d'induction.

Les fils employés peuvent être nus ou recouverts d'une enveloppe isolante ; dans le cas où les fils sont nus, ils ne doivent jamais être à la portée de la main, même sur les toits.

Aux points d'attache qui, par leur position, présentent quelque danger, les fils doivent être revêtus d'une enveloppe isolante. L'emploi de fils recouverts est également obligatoire toutes les fois que les conducteurs sont posés sur des appuis supportant des communications télégraphiques ou téléphoniques à fil nu. Il en est de même dans toutes
les parties du tracé où les
ligne télégraphique ou
une distance de moins de
ces lignes, ou enfin passent à
d'un mètre des masses
tuyaux d'eau ou de gaz.

Art. 8. — A l'intérieur des
teurs sont soumis aux
ne sont pas recouverts d'une
ils doivent être placés d'une
hors de la portée de la main, et
lateurs ; au passage des toits,
cloisons ou dans le voisinage de
ils sont toujours recouverts ;
être encastrés dans une matière
où ils sont exposés à des
frottement ou toute autre cause
la partie de leur trajet où ils sont
vent être disposés de façon à
détérioration ; leur position est

Art. 9. — Les appareils
doivent être munis d'organes
isoler du réseau général, soit par
circuit de leur conducteur propre,
duction de résistances
tre procédé agissant promptement
réceptrices ou les groupes d'appar
doivent être pourvus d'organes
tant de les séparer rapidement
duction.

Au siège des apppareils
teur placé d'une façon très
connaître à tout instant la
aux bornes. Lorsqu'un appareil
plus de dix chevaux-vapeur, il
d'indicateurs analogues.

Art. 10. — Les lettres et
au premier paragraphe de l'artic
duits sur les diverses parties de la
en particulier, aux points
branchements, commutateurs,
sure, coupe-circuits, etc.

Art. 11. — Des arrêtés
pourront prescrire qu'il soit
cédé, par les soins des
tions de l'état des conducteurs et
que les résultats en soient
tres dûment cotés et paraphés par

Art. 12. — En sus des
conférées par le titre V du décret
bre 1851, les ingénieurs et agents
graphes sont chargés, sous
la surveillance des conducteurs

Art. 13. — Ces ingénieurs et
avis sur les déclarations prévues
présent décret. Ils s'assurent de la
installations réalisées et de leur
les déclarations déposées à la

Art. 14. — Ils s'assurent au
an, et plus souvent lorsqu'ils en
du préfet, si toutes les conditions
crites par le présent règlement
observées.

Art. 15. — Les registres prévus
dessus sont présentés à toute
nieurs et agents ; ils les revêtent de

Les mêmes ingénieurs et agents
crire que des expériences et
soient effectuées en leur présence.

TEUR ÉLECTRIQUE.— Appareil dans
:ctricité est employée à rendre uni-
umière d'une lampe, l'intensité d'un
ı température, etc. Le nom de régu-
plique donc à un grand nombre d'ins-
lifférents. Les régulateurs destinés à
l'éclairage électrique sont décrits à l'ar
LAMPE.

Nous indiquerons seulement ici le régula
photo-électrique, imaginé par M. Tommasi
rendre fixe le point lumineux d'une bougi
blochkoff. La bougie est placée dans un

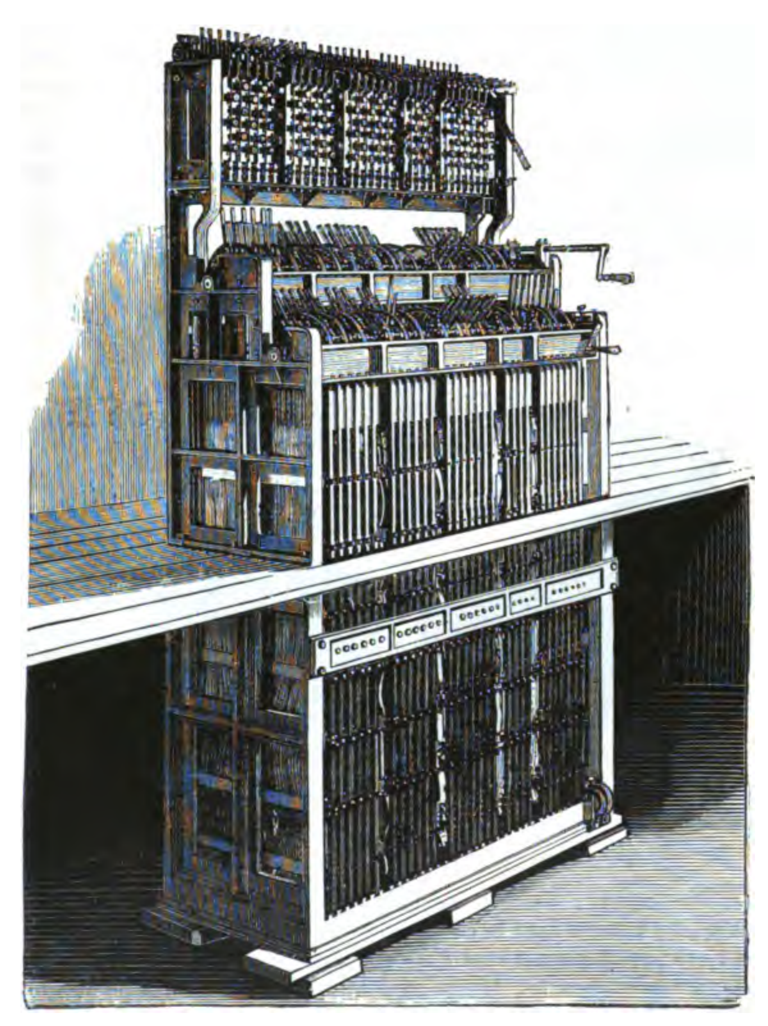


Fig. 809. — Régulateur de l'éclairage de la scène (Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft, Berlin).

au fond duquel est un ressort qui la fait
peu à peu. Deux galets isolés, fixés au
u tube, dirigent la bougie et lui amènent
:ant. Entre la bougie et le ressort est dis-
n petit électro-aimant à fil fin, dont les
en forme de demi-cylindre, glissent à
nent doux sur les parois intérieures du
quand l'électro n'est excité par aucun
ıt. Si au contraire le courant passe, l'at-
ın du tube arrête l'électro-aimant et la
bougie cesse de monter. L'électro doit doi
agir tant que le point lumineux est à la ha
teur voulue et devenir inactif lorsque ce poi
commence à descendre.

Pour cela, on fixe à cette hauteur un peti
régulateur formé d'un tube horizontal cont
nant une lentille convergente et une résistanc
de sélénium, intercalée dans un circuit qui con
tient l'électro-aimant, et qui reçoit une dériva
tion de la machine ou bien le courant d'une pil

locale. Quand le point lumineux est à la hauteur du tube, la lumière, concentrée sur le sélénium, diminue sa résistance, et l'électro reçoit un courant suffisant pour arrêter l'action du ressort. Dès que le point lumineux s'abaisse, le sélénium n'étant plus éclairé devient plus résistant et l'électro-aimant n'agit plus; la bougie peut donc monter jusqu'à ce que ce point ait repris sa première position. Le courant peut actionner l'électro directement ou par l'intermédiaire d'un relais.

Régulateur de l'éclairage de la scène. — Cet appareil, construit par la *Allgemeine Elektricitäts Gesellschafft*, est installé au théâtre royal de Berlin et dans un grand nombre d'autres théâtres. Il se compose (fig. 809) de 66 rhéostats, dont 6 simples et 60 doubles, ... faire varier l'éclairage de la scène ... tes nécessaires et d'obtenir ... tions possibles dans cet éclairage ... occupe fort peu de place : les ... mécanisme qui en dépend, les ... le mécanisme pour l'éclairage ... tenus dans dix châssis en fer ... un socle en fonte très solide et ... 2,8 m. de hauteur sur 1,75 m. de ... de profondeur. Une ingénieuse ... met d'accoupler rapidement les ... manière à avoir toutes les combinaisons possibles.

Régulateurs de courant. — Ces ... vent à maintenir constante l'inten...

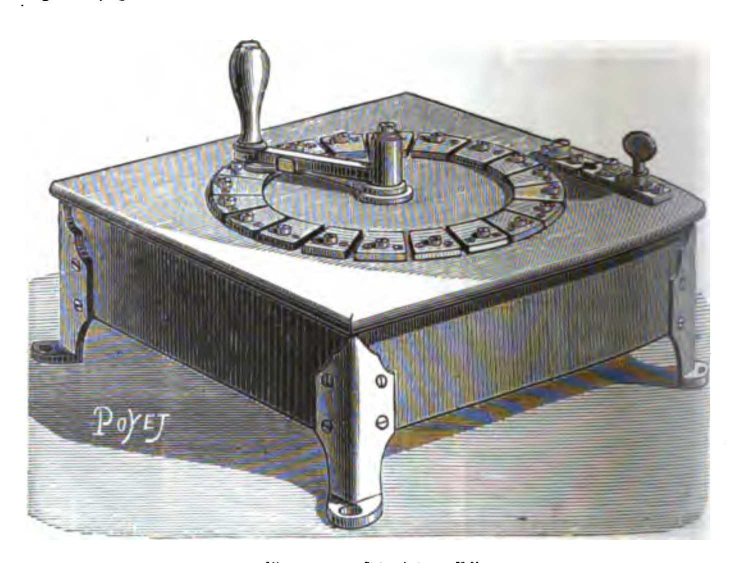


Fig. 810. — Régulateur Edison.

...rant malgré les variations provenant de la source ou des récepteurs placés dans le circuit.

L'enroulement compound permet seul d'obtenir ce réglage automatiquement, lorsqu'on fait varier le nombre des récepteurs en circuit; mais la régulation n'a lieu que pour une valeur déterminée de la vitesse. Il arrive souvent que cette vitesse ne peut pas être maintenue constamment, par exemple lorsqu'il s'agit d'une dynamo entraînée par un moteur ou un arbre de transmission qui actionne en même temps les diverses machines d'une usine.

Avec les autres modes d'excitation, que l'on rencontre plus fréquemment dans la pratique, il faut modifier la production de la machine suivant le nombre des récepteurs en service. Dans ce dernier cas, il semble qu'on pourrait se contenter de faire varier la ... tion. Mais c'est bien difficile dans ... surtout lorsque la force est emp... moteur général. actionnant tou... Il faut donc dans tous les cas ... un régulateur, qui a pour fonction ... des résistances auxiliaires dans le ... les en retirer suivant les besoins.

Lorsque la machine est excitée ... ou munie d'une excitatrice indépendante ... place ces résistances dans le circuit ... de façon à agir sur la force électromotrice ... machine et à maintenir constante ... de potentiel aux bornes, en modifiant ... sité du champ magnétique.

On emploie alors des régulateurs ... *magnétique*, qui introduisent ces r...

ın, soit automatiquement. Tels sont
MM. Brush, Postel-Vinay, Edison. Ce
st extrêmement simple : il se compose
e de bobines en fil de maillechort dis-
cercle comme dans la boîte de résis-
;. 120); la première est reliée à l'une
es; l'autre borne communique avec
ıe manette que l'on peut amener sur
ıents métalliques reliant chaque bo-
suivante (fig. 810). On introduit donc facilement le nombre de bobines nécessaire.

M. Fabius Henrion joint à ses dynamos compound, que nous avons décrites plus haut, un régulateur destiné à remédier aux irrégularités de vitesse, si difficiles à éviter, en introduisant des résistances dans le circuit en dérivation des inducteurs. Cet appareil, qui fonctionnait à l'Exposition de 1889, est représenté figure 811.

Une poulie, placée à la partie inférieure, reçoit un mouvement de rotation de l'arbre de la

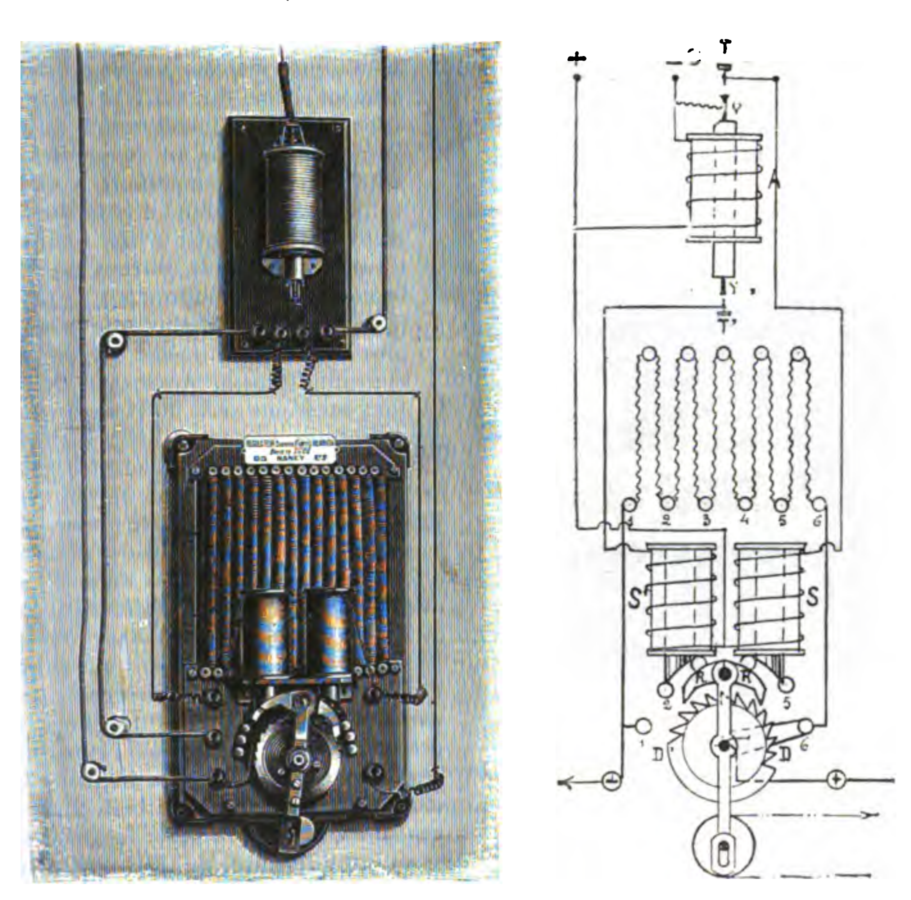


Fig. 811. — Régulateur Fabius Henrion, de Nancy.

ıe, soit directement, soit par une cour-
ne goupille, placée excentriquement sur
oulie, glisse dans une rainure pratiquée
ırtie inférieure d'un levier, auquel elle
ınique ainsi un mouvement oscillatoire.
ırtie supérieure, ce levier porte deux cli-
RR, qui peuvent pivoter librement au-
ı son extrémité, et sont placés respecti-
t au-dessus des deux roues à rochet DD',
nt solidaires l'une de l'autre, et dont les
ont des directions opposées. Ces roues peuvent tourner librement dans les deux sens, et sont indépendantes du levier : elles portent un contact à ressort, qui fait corps avec elles et suit leur rotation. Quand l'intensité varie, les cliquets RR entraînent les roues dans un sens ou dans l'autre, et le contact se déplace sur une série de plots portant les chiffres 1, 2, 3, 4, 5, 6, introduisant ainsi des résistances variables.

Pour obtenir ce résultat, les deux bornes de la machine sont reliées avec le solénoïde A, à fil fin, contenant un noyau de fer doux mobile V,

qui est attiré, et occupe une certaine position dans la bobine, lorsque le courant possède son intensité normale. Si le potentiel augmente, le noyau est attiré vers le haut et vient fermer un contact en T, au sommet, avec le solénoïde de droite S, qui se trouve ainsi en communication avec les deux bornes et reçoit une dérivation du courant. Le solénoïde S, dont le pôle inférieur a une forme correspondante à celle du cliquet R, placé au-dessous de lui, attire ce cliquet. Cette attraction force l'autre cliquet à s'engager dans les dents de l'une des roues à rochet; le levier continuant d'ailleurs à osciller, les roues sont entraînées, avançant d'une dent à chaque oscillation, et le contact à ressort se déplace avec elles, introduisant des résistances

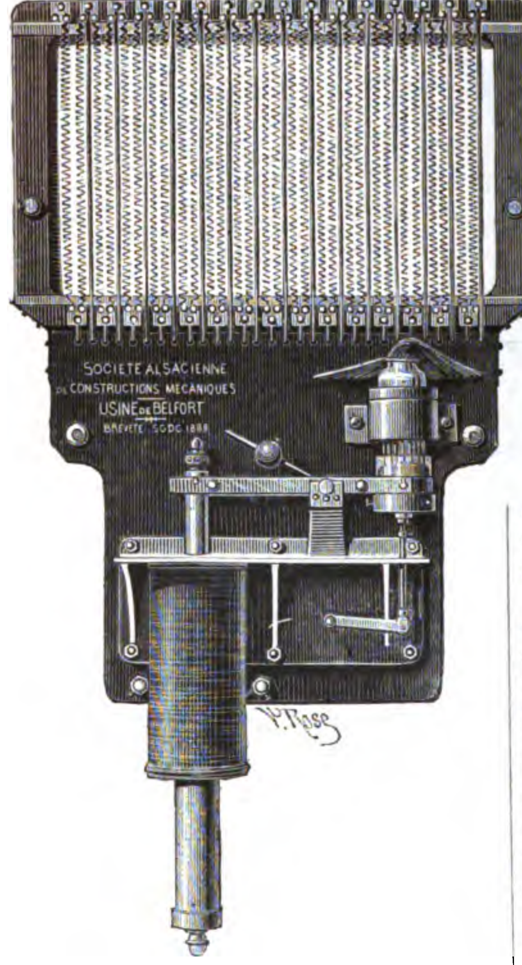


Fig. 812. — Régulateur de la Société alsacienne de constructions mécaniques de Belfort.

croissantes dans le circuit de c ducteurs, ce qui amène une di tentiel.

Si au contraire le potentiel di du solénoïde A retombe et vient tie inférieure un contact qui rant dans le solénoïde de gauche correspondant est attiré, l'autre le rochet correspondant et contact à ressort en sens inv la résistance.

La Société alsacienne de mécaniques emploie un mement simple (fig. 812). Il solénoïde à fil fin, renfermant forme spéciale, qui est susp mité d'un levier supportant un godet à mercure. Le côté plus lourd que l'autre d'une à régler. Lorsque le courant le noyau occupe la position il se relève d'autant plus que plus intense, et en même tem mercure s'abaisse. Au-dessus sont fixées une série de tiges différentes, en contact avec maillechort. Lorsque la cuvette est dans sa position la plus éle tiges plongent dans ce liquide; successivement lorsque le godet

Les spirales sont placées dans ducteur et les connexions sont sorte que le courant excitateur deux, trois... résistances, suivant trois.... tiges sont hors du mercure courant présente sa valeur normal occupe une position moyenne; la ges sont hors du mercure et par des résistances sont intercalées. augmente, le noyau s'élève, le et un certain nombre de tiges sor cure. Si elle devient trop faible, cend et le mercure vient baigner nombre de tiges, ce qui diminue intercalée. Un petit frein sert à bilité de l'appareil.

M. Elihu Thomson maintient la motrice constante dans les dynam et en dérivation, employées pour l'incandescence, en utilisant d'une résistance par le passage Cette résistance R, en platine placée sur un support conique, de mica, de façon que les spires puissent se toucher. Elle est disp

:e T, recouverte d'une substance non :rice de la chaleur, et percée à la base s donnant passage à un courant d'air 3). Une valve V peut fermer plus ou :omplètement l'orifice supérieur. La ré- e R, qui est intercalée dans la dérivation .ucteurs F de la dynamo et forme même grande partie de la résistance totale de érivation, s'échauffe au passage du cou- a valve V, commandée par ce courant, e courant d'air de manière à refroidir ı moins énergiquement la spirale R et à faire varier sa résistance dans le sens nable.

La valve V est fixée à l'extrémité d'ui L', qui porte l'armature d'un électro-ain monté en dérivation sur les conducteurs paux *ab*, et qu'un ressort écarte de cet (Quand la différence de potentiel augmer lectro-aimant M attire son armature, et l V vient fermer plus ou moins complè la cheminée T. La spirale R s'échauffe, s tance augmente et diminue l'intens champ magnétique de la machine. Si

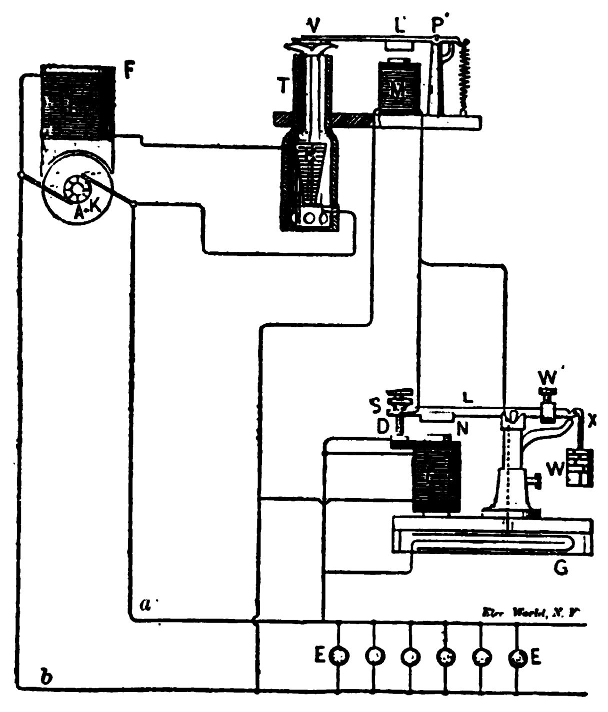


Fig. 813. — Régulateur E. Thomson.

:e de potentiel diminue, un électro-ai- de contrôle C, également monté en déri- ı sur les conducteurs principaux *ab*, rompt rivation de l'électro-aimant M, qui cesse rer son armature; le levier L' obéit alors ssort antagoniste, et la valve V ouvre lar- nt la cheminée T, ce qui permet un refroi- ment énergique de la résistance R.

ur cela la dérivation de l'électro-aimant M rend un contact fixe D et une vis S fixée trémité du levier L, qui porte l'armature électro-aimant C et qui est équilibré par oids variable W, suspendu à son autre ex- ité, et par un curseur mobile W'; on obtient un réglage très délicat. Lorsque la diffé- rence de potentiel faiblit, l'attraction de l'(tro-aimant C diminue, et, sous l'action des I W et W', la vis S s'écarte de D, mais d'une petite quantité. La dérivation de l'électı étant rompue, celui-ci cesse d'attirer son ar ture, et la valve V s'ouvre complètement. condensateur G empêche la production d'é celles en D, lorsqu'on interrompt la dérival de M.

M. Lahmeyer, d'Aix-la-Chapelle, a donn nom de régulateur de tension à distance (*Fe pannungsregulator*) à un appareil qui sei plusieurs usages, notamment à intercaler résistances dans le circuit inducteur ou dan circuit induit d'une dynamo.

Il se compose d'un tube de cuivre rempli à sa partie inférieure de mercure, dans lequel flotte un noyau de fer doux. Ce tube est à l'intérieur d'un solénoïde parcouru par le courant principal; il est surmonté d'une série de disques de cuivre isolés, entre lesquels sont intercalées les résistances régulatrices. Le mercure sert à relier ces disques. Le noyau est entouré à la partie supérieure d'un tube de verre qui porte une graduation empirique en ampères et un appareil d'arrêt (fig. 814).

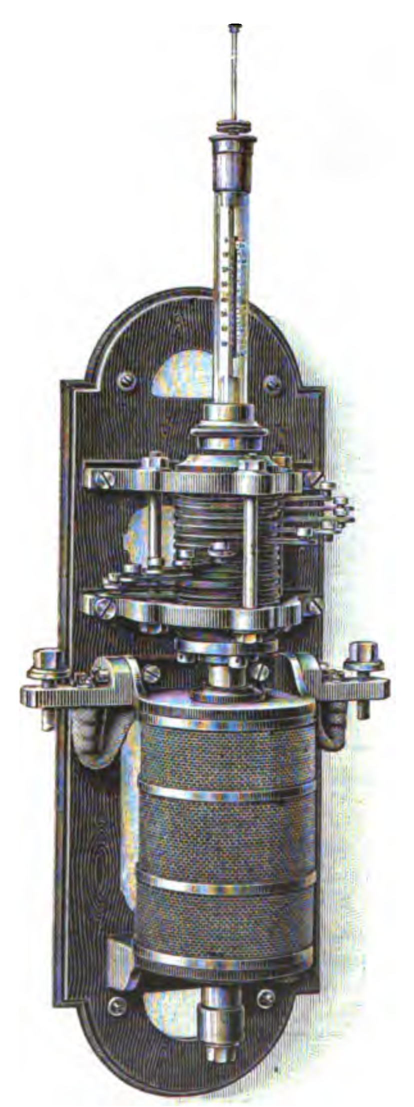


Fig. 814. — Régulateur Lahmeyer (Hartmann et Braun, Bockenheim, Francfort-sur-le-Mein).

L'appareil sert d'abord, étant donnés une force électromotrice constante de la machine et un travail variable à fournir par le conducteur, à maintenir une tension constante aux extrémités de ce conducteur en intercalant ou retirant des résistances régulatrices. Il permet aussi d'insérer, au lieu de résistances, des accumulateurs dont la force électromotrice soit dirigée, suivant les cas, dans le même sens que celle de la machine ou en sens contraire. Il peut enfin servir à intercaler les résistances de réglage dans le circuit inducteur des machines excitées en dérivation. Le courant dérivé passe alors dans le mercure, et le courant principal traverse seulement le solénoïde. Ainsi modifié, ce régulateur est employé avec les machines à tension constante pour charger les accumulateurs et pour régler des moteurs à un nombre de tours exactement constant.

Nous signalerons enfin la disposition appliquée par MM. Clarke, Chapman, Parsons et Cie, à leurs installations de machines commandées par une turbine à vapeur, et qui consiste à rendre constante la différence de potentiel en agissant sur la valve d'admission de vapeur de la turbine. Pour cela, au-dessus de la pièce polaire supérieure des électro-aimants est placée une pointe métallique, qui attire une pièce de fer doux mobile autour d'un pivot. L'attraction augmente avec la force électromotrice, et cette pièce tourne d'un angle variable, entrainant une fourchette qui vient fermer plus ou moins complètement l'ouverture d'un tuyau à l'entrée duquel est placé un soufflet, et dont l'air est aspiré par une petite pompe calée sur l'arbre de la machine à vapeur. Quand l'orifice se ferme, l'air n'arrivant plus dans le tuyau, le vide se fait dans une capsule, qui s'aplatit. Ce mouvement commande une tige qui diminue l'admission de la vapeur.

Lorsque la machine est excitée en série, les résistances se placent de préférence sur le circuit induit. C'est généralement dans le circuit extérieur qu'on les introduit : les rhéostats peuvent servir à cet usage, ainsi que les régulateurs décrits dans le paragraphe précédent. M. Wartmann a fait usage d'un rhéostat qu'entraînait un mouvement d'horlogerie commandé par l'armature d'un électro-aimant. Quand le courant s'affaiblit, l'armature laisse aller le mécanisme, et le rhéostat s'enroule, diminuant la résistance. Quand l'intensité a repris sa valeur normale, l'armature est attirée de nouveau, et le mouvement est enclenché. Cet appareil à l'inconvénient de ne compenser que les affaiblissements du courant.

M. Edison se sert pour les faibles intensités

d'un régulateur à poudre de charbon, dont on fait varier la résistance en la comprimant plus ou moins fortement.

Plusieurs inventeurs ont utilisé la décomposition de l'eau par le courant pour faire enfoncer plus ou moins profondément dans le liquide deux lames de platine dont la résistance varie avec la hauteur immergée. Mais l'électrolyse produit une perte d'énergie inutile.

Le régulateur de M. Siemens se compose d'une lame mince de platine qui s'échauffe par le passage du courant, et dont la dilatation plus ou moins grande introduit ou supprime un certain nombre de spires de fil de platine. Cet appareil a été modifié par M. Hospitalier.

Au lieu d'introduire des résistances dans l'un des deux circuits, on peut modifier la force électromotrice en déplaçant les balais : on sait en effet qu'en les faisant tourner de 90° on peut faire décroître la différence de potentiel depuis son maximum jusqu'à zéro. Certains modèles de dynamos sont pourvus de régulateurs destinés à modifier automatiquement l'angle de calage des balais.

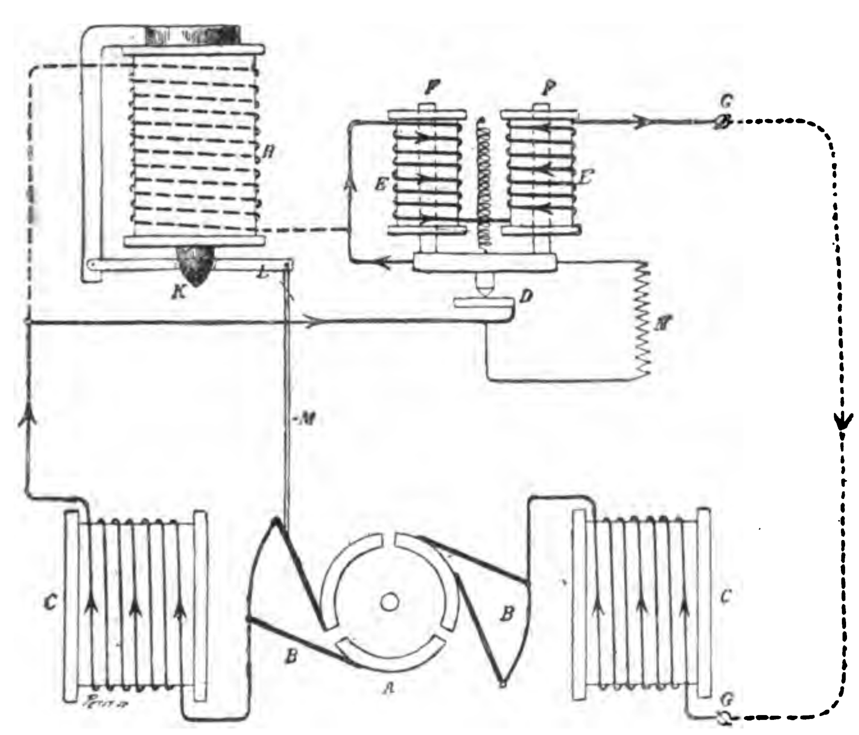


Fig. 815. — Diagramme du régulateur Thomson-Houston.

Les dynamos à arc Thomson-Houston sont munies d'un régulateur de ce genre qui se voit à gauche (fig. 570, page 488). La figure 815 montre le principe de cet appareil et le schéma des communications. CC représentent les inducteurs, A le collecteur et BB les balais. Le régulateur est constitué par l'électro-aimaint H, de faible résistance, dont le pôle inférieur K est de forme parabolique. Cet électro-aimant est fixé au bâti de la machine par un cadre en forme d'U renversé, dont la branche de gauche est seule figurée, et intercalé dans le circuit principal. L'armature L est montée sur pivots entre les branches du cadre, et construite de manière que ses extrémités puissent se mouvoir à des distances égales par rapport au cadre et tournent facilement autour des pivots; elle est percée d'une ouverture circulaire assez large pour qu'elle puisse se mouvoir sans toucher le pôle. L'attraction de l'électro-aimant agit sur le levier M et modifie automatiquement la position des balais. La forme parabolique du pôle K sert à produire une attraction plus régulière dans les différentes positions de l'armature. Pour empêcher un mouvement trop brusque du levier M, on l'a fixé au cylindre d'une pompe à glycérine, dont le piston reste fixe (fig. 816).

Mais, si le courant passait directement par

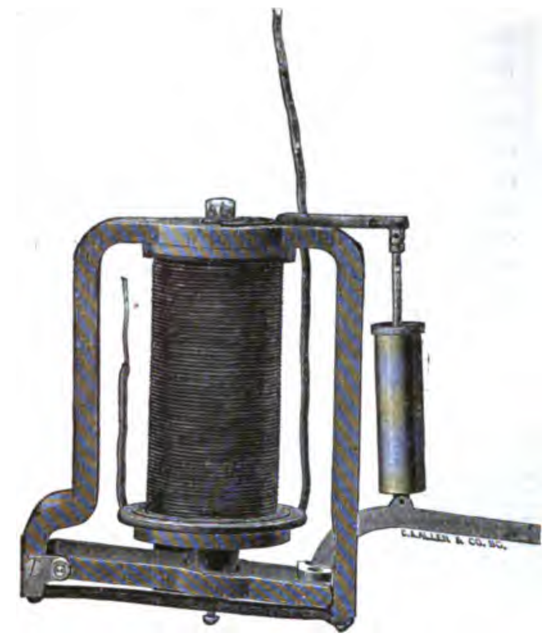


Fig. 816. — Régulateur Thomson-Houston.



Fig. 817. — Électro-aimant de ...

l'électro-aimant H, l'appareil ne serait pas assez sensible. Aussi on intercale dans le circuit un appareil de contrôle (fig. 815), for... solénoïdes EE, dont les noyaux FF ...

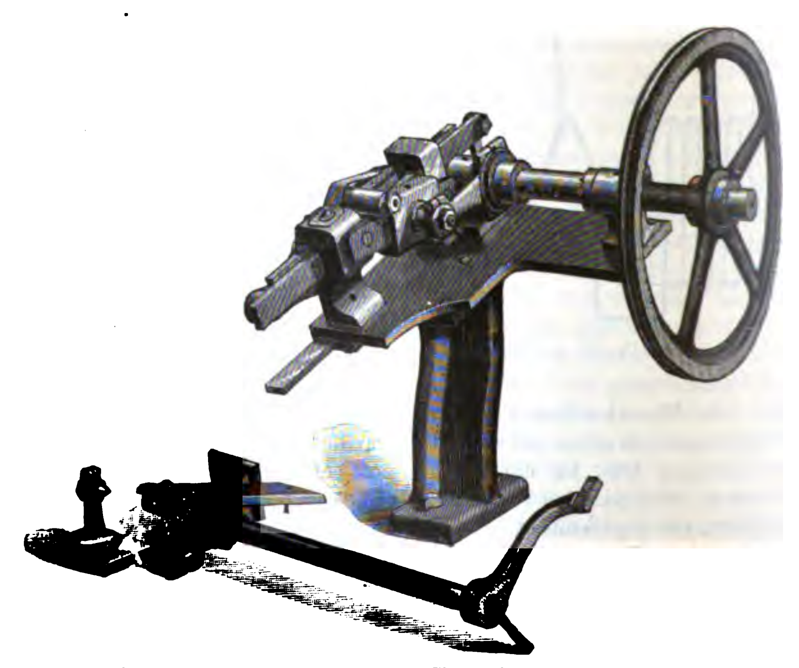


Fig. 818. — Régulateur Sperry (Sperry Electric Company, Chicago, Illinois).

par une culasse et suspendus à un ressort susceptible d'être réglé.

La culasse porte à sa partie inférieure un contact en argent placé au-dessus d... fixe D. Si le courant a son intensit... régulateur H est placé en court c...

D. Si l'intensité augmente, les noyaux attirés et le contact D se trouve rompu : nt traverse H et la tige M agit sur les Une résistance de charbon N, placée en on, empêche les étincelles quand on rompt le contact D. Les figures 816 et 817 sentent séparément le régulateur avec sa et l'électro-aimant de contrôle.

Les dynamos Sperry, décrites plus hau munies d'un régulateur très original, q

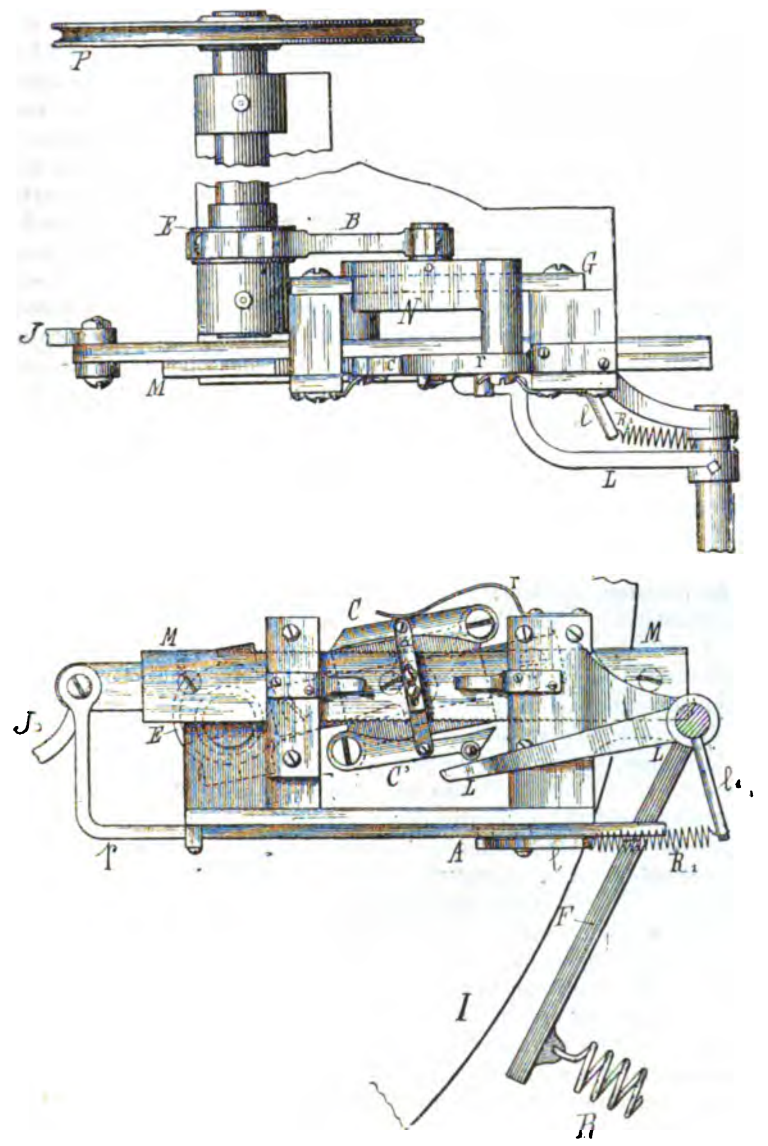


Fig. 819. — Détails du régulateur Sperry (Sperry Electric Company, Chicago, Illinois).

e à l'arbre de la dynamo l'énergie méca- nécessaire à son fonctionnement et qui mmandé par une palette de fer mobile t l'un des inducteurs, qui sont montés en Le réglage s'obtient donc par les varia- du courant, sans l'emploi d'aucun organe ique intermédiaire.

Ce régulateur est représenté en perspec (fig. 818) ; la figure 819 en montre les dét en projection verticale et horizontale.

L'arbre de la machine commande, à l'a d'une corde, une poulie P dont l'axe porte excentrique E, destiné à imprimer, par l'in médiaire d'une petite bielle B, un mouvem

de va-et-vient continu à une pièce N, montée sur une glissière G. Cette pièce porte deux cliquets CC′, reliés par une tige articulée *a* et pouvant engrener avec la crémaillère M, qui porte deux dentures opposées. Quand le courant possède son intensité normale, les cliquets gardent une position intermédiaire et n'engrènent ni l'un ni l'autre.

Si l'intensité augmente, la palette de fer doux F, placée devant l'inducteur I, est attirée plus fortement par celui-ci ; elle tourne autour de son axe en entraînant le levier de buttée L, qui fait corps avec elle. Ce levier appuie sur le cliquet C′ et le fait engrener avec la crémaillère inférieure, qui produit le déplacement des balais dans le sens des potentiels décroissants. Si l'intensité diminue, l'attraction de l'inducteur I devient plus faible, et la palette F s'en écarte sous l'action du ressort R. Le ressort *r* fait abaisser le système C*a*C′ ; le cliquet C engrène avec la crémaillère supérieure, et les balais sont déplacés dans le sens des potentiels croissants. Lorsque le courant a repris sa valeur normale, le système C*a*C′ reprend une position intermédiaire sous l'action de l'inducteur I et des ressorts R et *r*, et la crémaillère n'engrène plus.

Régulateurs de pression. — Appareil électrique servant à régulariser le pression du gaz d'éclairage.

L'un des premiers est celui de MM. Giroud et Bréguet (1855), qui se compose d'un manomètre à mercure, à air libre, placé au point où l'on veut produire la régularisation, et muni d'un flotteur qui vient fermer deux circuits distincts, suivant que le manomètre atteint l'une ou l'autre des deux limites fixées. Les deux courants ainsi produits se rendent à un moteur à poids placé près de la vanne de distribution, et le font tourner chacun dans un sens différent, ce qui augmente ou diminue l'ouverture traversée par le gaz.

Dans l'appareil de MM. Chardin et Prayer, le transmetteur est analogue au précédent, mais le régulateur actionné par les deux circuits est différent. Il est formé d'un mécanisme d'horlogerie commandé par un électro-aimant et disposé de manière à se remonter automatiquement.

Le régulateur de M. Servier est plutôt un indicateur de pression ; les contacts établis par le flotteur ferment un courant qui actionne un avertisseur placé à l'usine ; la régulation se fait à la main. (Voy. Manomètre avertisseur.)

Régulateurs de température. — L'organe principal de ces appareils est généralement un réservoir à air ou à liquide, placé dans l'enceinte dont on veut maintenir la température constante, et communiquant avec un tube en U placé au dehors et contenant une certaine quantité de mercure. Un fil de platine communique sans cesse avec le mercure ; un autre est placé dans la branche ouverte, un peu au-dessus du niveau du liquide. Quand la température dépasse la limite fixée, le mercure en s'élevant vient toucher le second fil et ferme un circuit comprenant une pile et l'appareil électrique chargé de produire les variations de température, appareil qui varie suivant les systèmes.

Dans le régulateur de M. d'Arsonval, cet appareil est un électro-aimant vertical, placé dans une boîte cylindrique dont la base supérieure est une membrane élastique, portant au centre une plaque de fer doux. Le nuyau de cet électro est un tube creux par lequel arrive à la partie inférieure le gaz d'éclairage, qui se répand ensuite dans la boîte cylindrique et se rend au brûleur par un tuyau latéral. Lorsque la température dépasse la limite fixée, un contact est établi, comme nous l'avons expliqué plus haut, et le courant traverse l'électro-aimant, qui attire la plaque de fer doux ; la membrane élastique vient fermer en partie le tube creux de l'électro, ce qui force le courant de gaz à se ralentir, et diminue la quantité de chaleur fournie.

M. d'Arsonval a combiné un autre régulateur analogue pour le cas où l'on emploie, au lieu de gaz, une lampe à alcool ou à essence. Un levier, mobile autour de son centre, porte à l'une de ses extrémités l'armature d'un électro-aimant vertical, à l'autre un tube qui entoure le porte-mèche de la lampe. Lorsque le courant ne passe pas, ce tube occupe la position la plus basse, la mèche est à découvert et la flamme est au maximum. Lorsque la température s'élève trop, le courant passe dans l'électro-aimant, qui attire son armature ; le tube s'élève, recouvre la flamme en partie et diminue la combustion.

Nous avons décrit, à l'article Couveuse, un régulateur qui s'applique au cas où la chaleur est fournie par un courant électrique.

Les dispositions qui précèdent conviennent surtout à des appareils de laboratoire ; dans l'industrie, elles seraient généralement insuffisantes pour maintenir la température constante dans une grande pièce ou dans un atelier. Dans ce cas, on fait agir le courant plutôt sur les orifices d'admission de l'air chaud venant du calorifère que sur la source de chaleur elle-même. Du Moncel a employé la disposition suivante. Le fil positif d'une pile plonge dans le réservoir d'un thermomètre à mercure ; le pôle négatif communique avec deux circuits termi-

nés par des fils qui plongent dans la tige à des hauteurs un peu différentes. Quand la température dépasse la limite fixée, le mercure vient toucher le premier fil négatif, et le courant produit ferme la bouche de chaleur. Si cela ne suffit pas et que la température continue à monter, le mercure s'élève encore un peu et ferme le second circuit, contenant un appareil qui ouvre une bouche d'air froid.

Régulateurs de vitesse. — Appareils servant à régulariser la marche d'un moteur quelconque. Il en existe un grand nombre. Nous avons décrit plus haut le régulateur très simple adapté par M. Marcel Deprez à son moteur électrique.

Le régulateur de M. Napoli est destiné aux machines à vapeur. La valve d'admission de la vapeur est commandée par une vis sans fin, qui reste immobile tant que la vitesse conserve une valeur normale, et tourne dans un sens ou dans l'autre quand elle vient à augmenter ou à diminuer; suivant le sens de son mouvement, la vis sans fin ouvre à la vapeur un passage plus ou moins grand. Pour cela, deux électro-aimants tubulaires sont fixés aux deux extrémités de l'arbre de la vis, devant deux poulies, folles sur cet axe, et tournant en sens contraire. Le régulateur à force centrifuge agit sur un ressort placé entre deux boutons, qu'il vient toucher lorsque la vitesse tend à sortir des limites fixées. Le contact avec chacun de ces boutons lance un courant dans l'un des électro-aimants : la poulie correspondante y adhère et entraîne la vis sans fin dans sa rotation.

Le régulateur de M. Brown est destiné aux navires à vapeur; il remédie aux accroissements de vitesse qui se produisent lorsque l'hélice vient à sortir de l'eau par suite du tangage. Un contact situé au bas de la coque est toujours immergé, tandis qu'un autre, placé près de l'axe de l'hélice, sort de l'eau en même temps que cet axe. Lorsque les deux contacts sont plongés, l'eau ferme un circuit contenant une petite dynamo et un électro-aimant, dont l'armature est attirée. Lorsque le second contact sort de l'eau, le courant est interrompu ; l'armature, entraînée par un ressort antagoniste, agit sur des organes qui mettent en marche une petite machine à vapeur destinée à fermer la soupape de la machine principale. On peut même placer plusieurs contacts à des hauteurs différentes, pour régler le jeu de la soupape suivant que l'hélice est plongée plus ou moins complètement.

Le nom de régulateur de vitesse est appliqué aussi à l'un des organes du télégraphe Baudot (Voy. ce mot).

RELAIS. — Appareil employé en télégraphie pour envoyer dans le récepteur le courant d'une pile locale, lorsque le courant de ligne qui parvient à la station est trop faible pour actionner directement ce récepteur. Ainsi, lorsqu'une station A est en communication directe avec une autre station B, située à une grande distance, on serait obligé d'employer en A une pile d'un grand nombre d'éléments; sinon les courants envoyés par le transmetteur de cette station ne seraient plus assez forts pour faire mouvoir le récepteur de B. On remédie à cet inconvénient en plaçant en B un relais, qui fonctionne sous l'influence de ces courants très faibles, pour envoyer dans le récepteur le courant d'une pile locale, d'intensité suffisante pour actionner cet organe. Les passages et les interruptions du courant local doivent être absolument synchrones de ceux du courant de ligne.

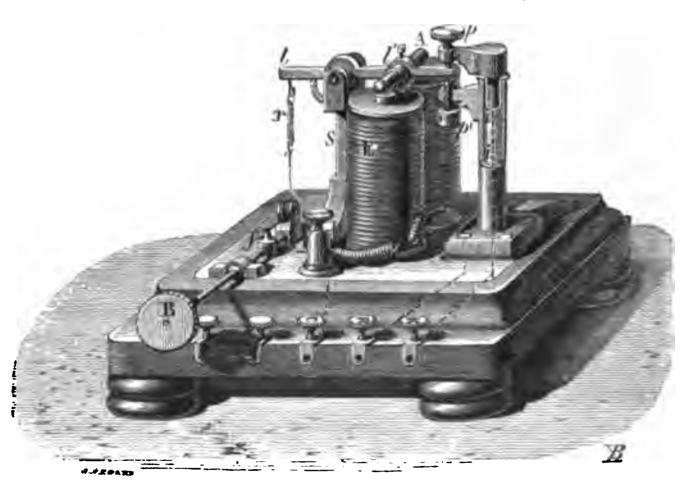


Fig. 820. — Relais Morse.

Le relais peut aussi être placé, non en B, mais dans une station intermédiaire C; il reçoit alors le courant de la ligne AC et envoie dans le récepteur de B celui de la ligne CB. On lui donne souvent, dans ce cas, le nom de translateur (Voy. ce mot).

On se sert fréquemment d'une sorte de récepteur Morse simplifié (fig. 820). Un électro-aimant E communique d'une part avec la ligne, de l'autre avec la terre. Le levier *ll'*, mobile au-

tour d'un axe horizontal, porte l'armature A et peut osciller entre deux buttoirs isolés *pp'*: quand le courant ne passe pas, il est maintenu en contact avec le buttoir *p* par la tension du ressort *r*, que règle la vis B. Le buttoir *p'* est relié au pôle positif de la pile locale, dont l'autre pôle est à la terre; le levier *ll'* commnnique par la colonne S avec le récepteur, dont l'autre extrémité est aussi à la terre. Quand le courant de la ligne traverse l'électro-aimant E, l'armature A est attirée, le levier *ll'* vient toucher la vis *p'* et le courant local traverse le récepteur; lorsque le courant de ligne est interrompu, le levier *ll'*, ramené par le ressort *r*, vient toucher la vis *p* et interrompt le courant local.

Ce relais peut être employé comme translateur (Voy. ce mot).

On se sert aussi de relais polarisés, dans lesquels l'armature reçoit une aimantation permanente. Tel est le relais Siemens, composé d'un électro-aimant à deux bobines verticales, dont les pôles font saillie et sont assez rapprochés. Entre ces pôles oscille une tige de fer doux horizontale, dont l'autre extrémité s'appuie sur un aimant fixe et peut tourner autour du point d'attache. La tige ainsi polarisée est attirée par l'un ou l'autre des pôles de l'électro, suivant le sens du courant qui traverse celui-ci. Dans ce mouvement, elle vient toucher l'un ou l'autre de deux buttoirs placés de part et d'autre et ferme le circuit positif ou négatif d'une pile locale. Dans cet appareil, l'armature n'est pas ramenée à la position médiane.

Dans le relais de M. Ducousso, l'armature est ramenée à la position centrale par l'attraction de l'autre pôle de l'aimant, qui est taillé en biseau et se trouve placé en face de son extrémité libre.

Les rappels par inversion de courant décrits plus haut peuvent aussi être considérés comme des relais polarisés; il en est de même des relais de M. Tommasi, de M. Ebel et de M. Marcillac pour les lignes sous-marines. Ce dernier est formé d'une bobine très légère, placée dans un champ magnétique très intense, et qui se déplace vers la gauche ou vers la droite, suivant le sens du courant qui la traverse. Elle entraîne dans ce mouvement une lame métallique, qui ferme le circuit local dans un sens ou dans l'autre.

Les rappels galvanométriques utilisent la déviation d'une aiguille ou d'un cadre mobile qui tournent comme ceux des galvanomètres. Le plus sensible est celui de M. Claude, qui se compose d'un cadre mobile autour d'un axe vertical entre les deux branches d'un aimant en U;
un cylindre fixe de fer doux, pla-
rieur du cadre, renforce le champ
L'appareil présente donc à peu pr-
tion du galvanomètre Deprez et
L'axe vertical d'acier qui support
muni à sa partie inférieure d'une
tale, qui vient rencontrer un con-
fermer le circuit local, lorsque la
traversée par un courant d'un cert-
relais de M. Claude comprend deu-
semblables qui servent l'un pour l-
positifs, l'autre pour les courants n-

RELEVER (UN DÉRANGEMENT). — F-
raître la cause qui produit un d-
(terme employé en télégraphie).

RÉMANENT (MAGNÉTISME). — Voy. M-

REMISE A L'HEURE PAR L'ÉLEC-
— Voy. HORLOGE ÉLECTRIQUE.

RENDEMENT. — D'une manière
on appelle rendement d'un appareil
de la quantité d'énergie qu'il four-
qu'il absorbe.

Rendement d'une machine d'indu-
C'est le rapport entre le travail
absorbé par cette machine et l'énergie
qu'elle produit. Outre cette quan-
appelle d'ordinaire le rendement ind-
considère encore le rendement élect-

Rendement industriel. On donne
rapport du travail électrique disp-
bornes de la machine au travail
total dépensé sur l'arbre.

Pour connaître le rendement ind-
peut mesurer le travail dépensé en
dynamomètre de transmission entre
et la dynamo. On a le travail utile en
l'intensité I du courant et la différe-
tentiel E aux bornes. Le produit $\frac{EI}{9.8}$
travail en kilogrammètres (Voy. Un-

Rendement électrique. — On nomm-
rapport du travail utile disponible aux
au travail électrique total dévelop-
machine. Le premier se mesure com-
venons de l'indiquer; le second est
E' étant la force électromotrice de la
Mais cette force électromotrice ne p-
se mesurer directement : elle est égale

$$E' = E + IR,$$

R étant la résistance intérieure de la
le rendement électrique est donc

$$\frac{EI}{EI + RI^2} = \frac{E}{E + IR}.$$

D'ailleurs la résistance R prend différentes valeurs suivant le mode d'excitation de la machine. Dans une magnéto ou une dynamo à excitation indépendante, R est égale à la résistance R_1 de l'armature. Dans une dynamo en série, R est la somme des résistances de l'induit et de l'inducteur.

$$R = R_1 + R_2.$$

Dans une dynamo en dérivation, I_1 et I_2 étant les intensités dans ces deux parties de la machine,

$$IR = I_1 R_1 + I_2 R_2.$$

Enfin, dans une machine compound,

$$IR = I_1 (R_1 + R_2') + I_2 R_2''.$$

R_2' et R_2'' étant les résistances respectives des bobines de l'électro montées en série et en dérivation.

Ces définitions s'appliquent seulement aux machines employées comme génératrices ; nous donnerons plus loin celles qui sont relatives aux réceptrices.

Le rendement industriel est le seul qui soit vraiment important à considérer, puisqu'il tient compte de tou tes les pertes survenues dans la transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique, tandis que le rendement électrique ne dépend que de la résistance des électro-aimants et de l'armature. D'ailleurs, ces deux rendements sont en général proportionnels dans les bonnes machines ; cette condition n'est cependant pas indispensable, car on peut être conduit à augmenter la résistance intérieure, sans pour cela diminuer le rendement industriel.

Des mesures sérieuses ont été faites aux Expositions d'électricité de Paris (1881), de Munich et d'Anvers sur le rendement industriel des principales machines à courant continu.

Voici quelques-uns des résultats obtenus :

Gramme, n° 1	0,58
— n° 2	0,58
— n° 3	0,67
Siemens, n° 1	0,62
— n° 2	0,62
— n° 3	0,75
Maxim	0,66
Weston	0,84
Brush, n° 1	0,76
— n° 2	0,74
— n° 3	0,65
Schuckert	0,70
Edison, Z	0,58
— E	0,52
Crompton	0,81
Gülcher	0,70

On a remarqué à l'Exposition de 1881 que les machines qui avaient le plus faible rendement (Gramme et Siemens) avaient aussi la marche la plus régulière, tandis qu'une dynamo Weston n'a pu faire qu'un service très défectueux et pendant peu de temps. D'ailleurs la construction des dynamos a été beaucoup perfectionnée dans les dernières années : les machines ordinaires donnent au moins 0,65 et 0,70, et les machines soignées peuvent atteindre 0,80 à 0,85 quand les inducteurs sont en fonte, 0,90 quand ils sont en fer, parfois même 0,95.

Rendement des lignes. — Le rendement de la ligne qui relie les dynamos aux appareils d'éclairage ou autres varie avec la nature et la section des conducteurs employés. On emploie généralement du cuivre de haute conductibilité ou bien du bronze phosphoreux ou silicieux (Voy. Conducteur), et l'on choisit la section suivant l'intensité des courants à transmettre.

Dans les grandes installations industrielles, les lignes sont généralement établies de manière à n'absorber que 8 à 10 p. 100 de l'énergie électrique. Dans les stations centrales, afin de diminuer les dépenses de première installation, on augmente souvent la perte par la canalisation, de sorte qu'elle peut atteindre jusqu'à 20 p. 100.

Les transformateurs offrent un moyen de diminuer cette perte. On doit chercher la solution qui est la plus avantageuse dans chaque cas, en tenant compte de ces trois facteurs.

Rendement des moteurs. — *Rendement industriel.* — C'est le rapport du travail mécanique recueilli sur l'arbre à l'énergie électrique absorbée par le moteur. On obtient sa valeur en mesurant le travail mécanique avec le frein de Prony et calculant l'énergie absorbée à l'aide du produit de l'intensité par la différence de potentiel aux bornes; on divise ce produit par l'intensité de la pesanteur, comme nous l'avons vu pour les machines génératrices.

Rendement électrique. — C'est le quotient obtenu en divisant la différence entre l'énergie électrique fournie aux bornes et celle absorbée par la résistance intérieure de la machine par l'énergie électrique fournie aux bornes.

Soit E la différence de potentiel aux bornes, I l'intensité, R_1 la résistance de l'armature et R_2 celle des électros, le rendement est, pour une machine excitée en série,

$$\frac{EI - (R_1 + R_2) I}{EI} = \frac{E - (R_1 + R_2)}{E}.$$

Pour une machine excitée en dérivation, on a

$$\frac{EI-(I_1R_1+I_2R_2)}{EI},$$

I_1 et I_2 étant les intensités dans l'armature et dans l'inducteur. Enfin, dans une machine compound, le rendement électrique est

$$\frac{EI-I_1(R_1+R'_2)-I_2R''_2}{EI}$$

R'_2 étant la résistance du fil inducteur placé en série, R''_2 celle du fil qui est monté en dérivation.

Rendement des transformateurs. — On nomme rendement d'un transformateur le rapport de l'énergie électrique qu'il produit à celle que lui fournit le courant inducteur. Soient E et I les nombres de volts et d'ampères correspondant au courant primaire, E' et I' ceux qui correspondent au courant secondaire; le rendement est $\frac{E'I'}{EI}$ (Voy. TRANSFORMATEUR).

Rendement d'une transmission d'énergie. — On appelle *rendement électrique* d'une transmission le rapport de l'énergie électrique fournie par la génératrice à celle qu'elle absorbe.

On nomme *rendement mécanique* le rapport du travail mécanique fourni par la réceptrice à celui qu'absorbe la génératrice (Voy. TRANSMISSION ÉLECTRIQUE DE L'ÉNERGIE).

Rendement des foyers lumineux. — D'après M. H. Fontaine, à qui nous empruntons ces renseignements, il y a lieu de chercher la quantité de lumière produite pour une dépense donnée de travail électrique, et le rapport existant entre la puissance utilisée en radiations lumineuses et la puissance totale consommée. M. Fontaine donne à ce dernier rapport le nom de *rendement optique :* il est d'environ 5 p. 100 pour les lampes à incandescence et 10 p. 100 pour l'arc voltaïque. D'ailleurs, les expériences qui ont donné ces nombres ne sont ni assez nombreuses, ni assez concluantes pour mériter une confiance absolue.

Ce qu'on peut déterminer avec précision, c'est le rendement lumineux d'un brûleur, ramené à la consommation d'un watt.

Rendement lumineux de l'arc voltaïque. — De nombreuses expériences ont été faites par M. Fontaine, MM. Sautter et Lemonnier, MM. Siemens et Halske, par les Commissions des Expositions de Paris, Munich. Vienne, Philadelphie et Anvers. On mesure l'intensité du courant et la différence de potentiel aux bornes de la lampe, ce qui donne l'énergie absorbée, puis on mesure l'intensité lumineuse par les méthodes photométriques ordinaires.

Le rendement dépend de la qualité et du diamètre des crayons, de l'intensité et de la nature des courants employés, etc. Les courants continus sont beaucoup plus avantageux que les courants alternatifs; les premiers donnent environ 100 carcels par cheval électrique, les autres 50 seulement.

Rendement lumineux des lampes à incandescence. — Ces lampes ont été expérimentées également dans plusieurs Expositions, notamment à Paris et à Munich. Depuis cette époque, on a perfectionné leur fabrication, de façon à augmenter la durée et le rendement. On fait aujourd'hui des lampes qui ne dépensent que 2 watts par bougie, mais ce rendement avantageux n'est atteint qu'aux dépens de la durée. Pour les lampes capables de durer 1000 heures, il faut compter 4 à 4,8 watts par bougie, ce qui fait 20 carcels par cheval.

Rendement de la houille en lumière électrique. — L'effet utile de la houille transformée en lumière électrique s'obtiendra en faisant le produit des rendements de tous les organes intermédiaires : machine à vapeur, dynamo, ligne, brûleur (rendement optique). On trouve ainsi un rendement compris entre 0,0034 et 0,0080 pour les lampes à incandescence et entre 0,0068 et 0,0160 pour l'arc voltaïque.

L'emploi d'accumulateurs diminuerait encore ce rendement dans la proportion de 20, 30 et même 50 p. 100. L'électricité transforme donc en lumière 0,010 au plus de l'énergie fournie par la houille ; malgré ce faible rendement, c'est encore l'éclairage électrique qui possède le plus grand rendement optique.

Rendement des appareils télégraphiques. — On appelle ainsi le nombre des mots, supposés formés de cinq lettres, qu'un appareil peut transmettre en une minute, ou le nombre de dépêches, supposées formées de 20 mots plus le préambule, qu'il peut transmettre en une heure.

Voici le rendement des principaux appareils télégraphiques.

Appareil à cadran : 10 mots par minute, 15 à 20 dépêches à l'heure.

Morse : 15 mots ou 25 dépêches.

Hughes : 45 à 50 dépêches.

Baudot (simple) : 50 dépêches.

Baudot (multiple) : 40 à 50 dépêches.

Caselli : 33 dépêches de 30 centimètres carrés.

Meyer (autographique) : 25 à 30 dépêches de 24 centimètres carrés.

Wheatstone (automatique) ; 25 dépêches par employé.

Le système duplex diminue un peu le rendement de l'appareil auquel on l'applique.

RENVERSEUR DE COURANT. — Appareil servant à changer le sens d'un courant (Voy. COMMUTATEUR).

Le renverseur joint aux piles médicales de M. Chardin se prête à toutes les combinaisons. Il se compose d'une pièce métallique A (fig. 821),

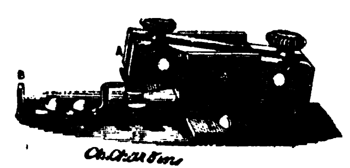


Fig. 821. — Renverseur de courant.

mobile autour de son milieu, et maintenue en contact avec la borne D par un ressort énergique. Si l'on veut renverser le courant seulement pour un instant, il suffit d'appuyer sur l'extrémité A, pour l'amener au contact des bornes C. Si l'on veut maintenir l'inversion pendant un certain temps, on pousse en outre le verrou B, dont l'extrémité pénètre dans la pièce A, et la maintient en contact avec C. Enfin, si l'on veut produire seulement des interruptions, on pousse d'abord le verrou B au-dessous de A, de sorte qu'en appuyant sur cette extrémité, on lui fait quitter D sans qu'elle vienne toucher C : le courant est donc interrompu, mais non renversé.

RÉPARTITEUR. — Disposition mécanique servant à rendre uniforme la force attractive des électro-aimants, qui varie avec la distance, ou à augmenter dans une certaine mesure la force de l'armature. Cet organe, imaginé par Robert-Houdin, a été appliqué par Foucault à son régulateur; voici en quels termes il indique l'importance de cette modification.

« Le défaut commun aux divers modèles de régulateurs usités jusqu'ici est que l'armature disposée en regard de l'électro-aimant se trouve, à l'égard des forces qui la sollicitent (magnétisme de l'électro-aimant et action du ressort antagoniste), dans un état d'équilibre instable, et par suite obligée de se précipiter sur l'un ou sur l'autre des arrêts qui limitent sa course. Cet inconvénient, déjà très grave dans les autres appareils, aurait encore davantage compromis la fonction de celui-ci, car il eût été soumis à une oscillation perpétuelle.

« Le ressort antagoniste n'agit plus sur l'armature, mais il est appliqué à l'extrémité d'une pièce articulée en un point fixe, dont le bord, façonné suivant une ligne courbe particulière, presse en roulant sur le prolongement du levier, qui forme ainsi un levier de longueur variable. L'armature doit donc toujours rester *flottante* entre les deux positions limites, car, à chaque instant, la force antagoniste du ressort est compensée par l'*effet de levier* ainsi produit. La position de l'armature est, autrement dit, à chaque instant l'expression de l'intensité du courant de la source électrique. »

RÉPÉTITEUR. — M. Preece a donné ce nom à un appareil télégraphique qui remplace deux transmetteurs et deux récepteurs, ce qui augmente beaucoup le rendement des appareils Wheatstone.

Répétiteur de cloches. — Voy. CLOCHE ÉLECTRIQUE.

Répétiteur d'électro-sémaphores. — Voy. BLOCK-SYSTEM.

Répétiteur optique. — Appareil employé dans l'exploitation des chemins de fer pour contrôler la manœuvre des disques à distance. En fermant le disque, on lance un courant dans un électro-aimant dont l'armature oscille et fait apparaître devant un guichet la partie d'un voyant qui est peinte en rouge. Quand le courant ne passe pas, on voit l'autre moitié du voyant, qui est peinte en blanc. Le même contrôle se fait aussi à l'aide d'une sonnerie (Voy. CONTROLEUR DES DISQUES).

Répétiteur phonique. — Système de bobines d'induction employé par M. Van Rysselberghe pour la télégraphie et la téléphonie simultanées (Voy. TÉLÉPHONIE).

RÉPÉTITION DES HEURES PAR L'ÉLECTRICITÉ. — On peut facilement, avec une seule pendule ordinaire à sonnerie, placée dans une chambre, faire sonner les heures dans toutes les pièces d'un appartement. Il suffit de disposer dans toutes ces pièces des sonneries électriques ou des timbres quelconques munis d'un électro-aimant et placés tous dans un même circuit comprenant une pile. L'une des extrémités du fil est attachée à l'une quelconque des parties du mécanisme d'horlogerie de la pendule, et l'autre bout est fixé au-dessus du marteau, qui vient le toucher et fermer le circuit chaque fois qu'il se soulève pour frapper le timbre. A chacun de ces contacts, toutes les sonneries répètent le coup. Un petit nombre d'éléments Leclanché suffisent parfaitement pour cette application.

REPLENISHER. — Voy. ÉLECTROMÈTRE.

REPRODUCTEUR DE CHARGE. — Voy. DUPLICATEUR et REPLENISHER.

RÉPULSION ÉLECTRIQUE. — Propriété que possède un corps électrisé de repousser les corps légers qu'il a d'abord attirés, parce que ces corps se chargent à son contact de la même électricité (Voy. ACTIONS ÉLECTRIQUES).

Répulsion des courants. — Voy. ÉLECTRO-DYNAMIQUE.

RÉPULSION MAGNÉTIQUE. — Propriété que possède un pôle magnétique de repousser un pôle de même nom (Voy. ACTIONS MAGNÉTIQUES et AIMANT).

RÉSEAU TÉLÉGRAPHIQUE. — Ensemble d'un certain nombre de lignes aériennes, souterraines ou sous-marines, qui sont reliées les unes aux autres.

Le réseau intérieur d'un pays est l'ensemble des communications de ce pays, un réseau international l'ensemble des communications qui relient plusieurs pays entre eux.

En Europe, les réseaux télégraphiques sont, à part quelques exceptions, exploités directement par les États auxquels ils appartiennent; ceux des États-Unis sont exploités par des Compagnies particulières. Il en est de même des lignes sous-marines.

Dans le réseau français, tous les bureaux d'un arrondissement sont reliés au bureau principal du chef-lieu, tous les bureaux des chefs-lieux d'arrondissement au bureau du chef-lieu de département. Parmi ces derniers, ceux d'une même région communiquent avec le centre régional, tous les centres régionaux avec Paris et avec les centres les plus voisins. Les fils qui établissent cette communication sont appelés *fils principaux de grande communication;* ceux qui relient les chefs-lieux aux centres régionaux sont les *fils principaux de moyenne communication.* Les *fils auxiliaires de grande communication* servent à réunir un centre régional avec un bureau qui n'est pas au chef-lieu de déparment, ceux de *moyenne communication* à relier un bureau de chef-lieu avec un bureau principal d'un autre département, ou deux bureaux principaux de départements différents, les *fils auxiliaires secondaires* à joindre deux bureaux municipaux de départements différents ou bieu un bureau municipal avec un poste de dépôt.

Les *fils départementaux* unissent deux bureaux d'un même département; ils sont dits de *grande communication* s'il s'agit de deux bureaux principaux, *du réseau secondaire*, s'ils réunissent un bureau municipal avec son poste de dépôt.

Les *fils de jonction* relient un bureau de gare avec le bureau de l'État situé dans la même localité.

RÉSEAU TÉLÉMÉTÉOROGRAPHIQUE. — Réseau spécial destiné à l'échange quotidien des observations faites dans les divers observatoires météorologiques. Actuellement ce réseau emprunte encore en grande partie les fils du service ordinaire.

RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE. — Ensemble de lignes téléphoniques reliées entre elles. Ces réseaux ne comprennent que des lignes aériennes ou souterraines, les communications téléphoniques n'ayant pas pu encore être établies par les câbles sous-marins, à cause de la condensation. Les *réseaux urbains* comprennent l'ensemble des communications d'une même localité, les *réseaux interurbains* celles des localités différentes; les *réseaux internationaux* comprennent des bureaux situés dans des pays différents.

Le réseau de Paris est divisé en quartiers qui possèdent chacun un bureau central auxiliaire. Ces bureaux sont tous reliés à un bureau central, ce qui permet d'établir les liaisons suivant la fréquence des communications. La plupart des lignes sont souterraines et placées dans les égouts.

La Société générale des téléphones avait obtenu aux conditions suivantes l'autorisation d'organiser des réseaux suburbains autour des réseaux exploités par elle et de relier ces réseaux entre eux. Pour communiquer avec un réseau urbain, l'abonné du réseau suburbain devait payer le montant de l'abonnement à ce réseau urbain, plus une redevance supplémentaire de 600 francs; quand les deux réseaux étaient distants de plus de quatre kilomètres, il devait payer en outre une taxe de 100 francs par kilomètre. Si la ligne qui reliait les deux réseaux était construite en câbles souterrains, cette taxe était majorée de 50 pour 100. Les abonnements ne pouvaient être souscrits pour une période inférieure à cinq ans. Un tarif aussi élevé prit un caractère prohibitif, et il ne se forma aucun réseau suburbain autour des réseaux urbains exploités par la Société.

Sur les réseaux créés par l'État et faisant l'objet d'une exploitation parallèle, un système différent a éte appliqué. Ce système consiste à relier à un réseau urbain, dit principal, toutes les petites localités qui les entourent et en sont comme les annexes, puis à relier ces réseaux principaux entre eux, de façon à former un groupe téléphonique. Chaque habitant demandant à être relié à un centre placé en dehors de l'agglomération dont il fait partie doit payer, en sus de l'abonnement urbain, 10 fr.

par kilomètre de fil simple reliant entre eux le bureau du réseau annexe à celui du réseau principal. De plus, tous les abonnés des réseaux annexes ou principaux peuvent communiquer entre eux dans l'intérieur du groupe, moyennant le payement d'une surtaxe en déduction de laquelle figure la somme déjà payée pour relier le bureau annexe au bureau principal.

Depuis la reprise par l'État de l'exploitation des réseaux établis par la Société générale des téléphones, les demandes affluent de tous les points de la banlieue de beaucoup de villes, et spécialement de la ville de Paris, en vue d'obtenir des communications téléphoniques suburbaines, aux conditions jusqu'à présent admises sur les réseaux de l'État.

C'est en vue de donner satisfaction à ces demandes que le ministre du commerce a fait signer le décret suivant :

Art. 1er. En vue de permettre l'échange des communications téléphoniques entre les abonnés des réseaux urbains appartenant à une même région, des réseaux téléphoniques urbains peuvent être constitués en groupes téléphoniques.

Les groupes téléphoniques sont élémentaires ou composés.

Art. 2. Le groupe téléphonique élémentaire est formé par la réunion d'un réseau principal et d'un ou plusieurs réseaux annexes reliés au réseau principal par une ou plusieurs lignes téléphoniques directes établies et entretenues aux frais de l'État.

Art. 3. Les abonnés des réseaux annexes faisant partie d'un même groupe téléphonique élémentaire peuvent obtenir la communication avec tous les abonnés du groupe, à charge par eux de contracter un abonnement supplémentaire.

La taxe que comporte cet abonnement est de 10 fr. par kilomètre ou fraction de kilomètre de fil simple reliant le bureau du réseau annexe par lequel l'abonné est desservi au bureau central du réseau principal.

Art. 4. Un réseau ne peut être déclaré réseau annexe que si cinq abonnés de ce réseau au moins ont pris l'engagement de contracter l'abonnement supplémentaire.

Art. 5. Les abonnés du réseau principal peuvent obtenir gratuitement la communication avec les abonnés de tous les réseaux annexes qui ont contracté l'abonnement supplémentaire.

Art. 6. Le groupe téléphonique composé est formé par la réunion de groupes téléphoniques élémentaires dont les réseaux principaux sont reliés entre eux par une ou plusieurs lignes téléphoniques directes établies et entretenues aux frais de l'État.

Art. 7. Les abonnés des différents réseaux faisant partie d'un même groupe téléphonique composé peuvent obtenir la communication avec tous les abonnés du groupe, à charge par eux de contracter un abonnement supplémentaire dont la taxe minima est de 150 francs par an.

Si le taux de l'abonnement à l'un des réseaux du groupe est plus élevé que celui des autres réseaux, la taxe comprend en outre la différence entre les taux des deux abonnements.

Art. 8. Le montant de l'abonnement fixé par l'article 3 vient en déduction du montant de l'abonnement fixé par l'article précédent.

Art. 9. Les abonnements supplémentaires aux groupes téléphoniques élémentaires ou composés sont soumis aux règles établies pour les abonnements aux réseaux urbains par le décret du 21 septembre dernier, en tant qu'elles ne sont pas contraires aux dispositions du présent décret, à l'exception toutefois des dispositions relatives aux cercles et établissements ouverts au public, contenues dans les artilces 2 et 9 dudit décret.

Art. 10. Le caractère légal du réseau annexe ou principal et du groupe téléphonique élémentaire ou composé est déclaré par décret rendu en conseil d'État.

Ce décret détermine la taxe à percevoir par application de l'article 7.

Art. 11. Jusqu'au jour où le réseau de la ville de Paris sera entièrement reconstitué, les abonnés des réseaux qui seront déclarés annexes à celui de Paris ne pourront pas exiger la mise en communication de ces réseaux annexes entre eux.

RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE. — Tous les conducteurs offrent au passage du courant une certaine *résistance*, qui est d'autant plus grande qu'ils sont moins conducteurs. La résistance est l'inverse de la conductibilité ; son emploi est beaucoup plus commode dans les calculs.

On nomme *résistance spécifique* d'un corps la résistance d'un fil dont la longueur et la section sont égales à l'unité. Soit ρ cette quantité. La résistance d'un fil de longueur l et de section s est

$$r = \rho \frac{l}{s}.$$

Elle est donc proportionnelle à la longueur et en raison inverse de la section, et de plus elle varie avec la nature de la substance.

Si l'on place plusieurs conducteurs bout à bout, la résistance totale est la somme des résistances

$$R = r + r_1 + r_2 + r_3 + \dots\dots$$

Si ces conducteurs sont au contraire placés en dérivation entre deux points d'un circuit, l'intensité est la même que si on les remplaçait par un conducteur unique, dont la conductibilité serait égale à la somme des conductibilités. La résistance R est donc donnée par la formule

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r} + \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots\dots$$

D'où

$$R = \frac{1}{\frac{1}{r} + \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots\dots}.$$

S'il n'y a que deux dérivations, on a

$$R = \frac{rr_1}{r + r_1}.$$

Unité de résistance. — On se sert le plus souvent de l'unité pratique du système électromagnétique C.G.S., qui est l'*ohm* (Voy. ce mot) et qui vaut 10^9 unités absolues : c'est la résistance d'une colonne de mercure à 0° de 1 mm. carré de section et d'environ 106 cm. de longueur.

Mesure des résistances. — La méthode la plus simple, mais non la plus précise, consiste à intercaler la résistance inconnue avec un galvanomètre dans le circuit d'une pile. On note la déviation de l'aiguille, puis on remplace la résistance par une autre, dont on puisse faire varier la grandeur à volonté, et l'on ramène la déviation à la même valeur. Cette résistance variable s'obtient soit avec un fil dont on connaît la résistance par unité de longueur, soit avec une boîte de résistances.

Au lieu de substituer à la résistance inconnue une résistance variable, on peut la remplacer successivement par deux résistances fixes et connues. On mesure dans les trois cas l'intensité en valeur absolue, et l'on a trois équations entre lesquelles on élimine la force électromotrice et la résistance de la pile. Il reste une équation qui donne la résistance cherchée.

Ces méthodes, simples mais peu précises, sont généralement remplacées par des appareils qui donnent une meilleure approximation.

MM. Woodhouse et Rawson construisent un appareil très simple, qui permet aux fabricants d'apprécier rapidement les qualités d'un fil de cuivre ou d'autre métal avant de l'employer.

Sur un support d'acajou sont fixées parallèlement deux paires de ciseaux d'une construction particulière, placées exactement à un mètre de distance, et une bobine étalon de résistance convenable (fig. 822). Le fil à essayer est attaché par un bout à l'extrémité de la bobine, puis tendu soigneusement entre les deux paires de ciseaux qui le serrent sans le couper. Le fil et la bobine sont alors disposés en série dans le circuit d'une pile bien constante, et l'on compare, avec un galvanomètre à réflexion, les différences de potentiel entre les deux bouts de la bobine étalon et entre les deux points du fil serrés par les ciseaux. De là, on déduit facilement la résistance de cette partie du fil. On coupe alors le fil en ces deux points, et on le pèse. Connaissant le poids, la longueur et la résistance, on peut apprécier facilement les qualités du fil. Cette disposition permet de comparer rapidement un grand nombre d'échantillons.

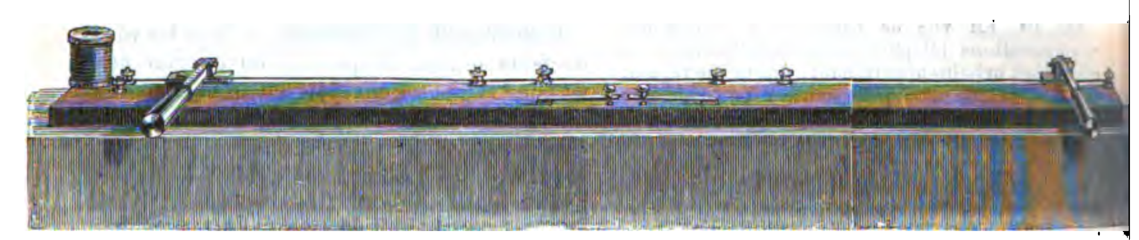


Fig. 822. — Appareil pour l'essai des fils métalliques.

Nous avons décrit plus haut l'ohmmètre de MM. Ayrton et Perry, destiné à mesurer la résistance d'un conducteur traversé par un courant.

La méthode la plus employée est celle du pont de Wheatstone, que nous avons décrite plus haut (Voy. ce mot), et qui convient très bien dans le cas des résistances moyennes ; mais elle est moins bonne pour les résistances très grandes ou très petites.

Les difficultés qu'on rencontre dans la mesure des résistances très faibles sont dues surtout à l'importance relative que prennent les résistances des points de jonction, et à ce que le conducteur ne peut plus être assimilé à un fil linéaire, ayant deux dimensions négligeables par rapport à la troisième. Parmi les dispositions qui conviennent à ce cas, nous signalerons le pont double de sir W. Thomson et celui de MM. Siemens et Halske (Voy. PONT DE WHEATSTONE) et le microhmmètre (Voy. ce mot).

M. Tait s'est servi avec avantage d'un galvanomètre différentiel pour comparer les résistances de grosses barres métalliques. Les deux barres étant placées en tension dans le circuit d'une pile, on relie l'une des bobines du galvanomètre à deux points de la première, l'autre à deux points de la seconde, et l'on règle la distance de ces points de façon à maintenir l'aiguille au zéro.

Pour les résistances très grandes, la diffi-

culté consiste à les équilibrer avec les résistances étalonnées dont on dispose ordinairement. On peut encore employer le pont de Wheatstone, surtout si l'on n'a pas besoin d'une très grande précision.

On peut aussi se servir d'un galvanomètre différentiel, en plaçant un shunt sur la bobine qui correspond à la résistance la plus faible R. Soient m le pouvoir multiplicateur du shunt, i et i_1 les intensités, g et g_1 les résistances des deux bobines, k et k_1 deux facteurs proportionnels aux constantes galvanométriques des deux cadres ; on a

$$ki = k_1 i_1$$

$$i(x+g) = m i_1 \left(R + \frac{g_1}{m}\right).$$

D'où l'on tire

$$k(mR + g_1) = k_1(x+g).$$

Si le galvanomètre est réglé, on démontre qu'on doit avoir $k = k_1$ et $g = g_1$. D'où il reste.

$$mR = x.$$

Nous avons compris dans les résistances des deux circuits x et R la résistance intérieure de la pile, qu'il faudra retrancher. Si le shunt ne suffit pas, on fait passer dans les deux bobines et les deux résistances deux courants distincts, produits dans R par un seul couple et le shunt, dans x par p éléments. On a alors

$$x = mpR.$$

Une autre méthode consiste à mettre en série une pile composée d'un grand nombre d'éléments identiques montés en tension et les deux résistances R et x à comparer. Un pont contenant un galvanomètre est attaché d'une part au point de jonction des deux résistances, de l'autre en un point de la pile. On déplace le second point d'attache jusqu'à ce que le galvanomètre soit au zéro. Si la pile contient $n+p$ éléments et qu'il y en ait n du côté de la résistance étalon R, p du côté de x, d'après les lois des courants dérivés, le courant étant nul dans le pont, l'intensité est constante dans tout le reste du circuit ; on a donc

$$nE = I(nr + R)$$
$$pE = I(pr + x),$$

en appelant E et r la force électromotrice et la résistance intérieure de chaque élément.

On tire de là

$$x = \frac{p}{n} R.$$

La mesure de la résistance des diélectriques et celle de l'isolement des câbles (Voy. Cable) offrent des exemples de grandes résistances.

Influence de la température. — Généralement la résistance des conducteurs augmente avec la température. Si r_0 est la résistance à 0°, on admet généralement que la résistance à $t°$ est

$$r = r_0(1 + \alpha t).$$

Pour les métaux purs, α est à peu pres égal au coefficient de dilatation des gaz ; il varie entre 0,0036 et 0,0038. Pour les alliages, il est beaucoup plus faible.

M. Matthiesen a indiqué la formule

$$r = r_0(1 + at + bt^2),$$

dans laquelle on aurait, pour la plupart des métaux purs,

$$a = 0{,}003824 \qquad b = +\,0{,}00000126;$$

pour le mercure

$$a = 0{,}0007485 \qquad b = -\,0{,}000000398;$$

pour le maillechort ou argent allemand

$$a = 0{,}0004433 \qquad b = +\,0{,}000000152.$$

Enfin M. W. Siemens considère comme applicable à tous les cas la formule

$$r = A + BT^{\frac{1}{2}} + CT,$$

dans laquelle T représente la température absolue, c'est-à-dire $273 + t$.

Résistance spécifique des métaux et des alliages à 0° (en unités électro-magnétiques).

	RÉSISTANCE spécifique.	VALEUR p. 100 de la variation par degré à 20° C.
Argent recuit	1.521	0,377
— écroui	1.652	»
Cuivre recuit	1.615	0,388
— écroui	1.652	»
Or recuit	2.081	0,365
— écroui	2.118	»
Aluminium recuit	2.946	»
Zinc comprimé	5.690	0,365
Platine recuit	9.158	»
Fer recuit	9.827	»
Nickel recuit	12.600	»
Etain comprimé	13.360	0,365
Plomb comprimé	19.850	0,387
Antimoine comprimé	35.900	0,389
Bismuth comprimé	132.650	0,354
Mercure liquide	96.190	0,072
Alliage, 2 parties d'argent, 1 partie platine, en poids, écroui ou recuit	24.660	0,031
Maillechort (argent allemand) écroui ou recuit	21.170	0,044
Alliage, 2 parties or, 1 argent, en poids, écroui ou recuit	10.990	0,065

Résistance des liquides. — Elle se détermine comme celle des solides ; on place ordinairement le liquide dans un vase cylindrique, et l'on y introduit deux disques en métal, portés par des fils recouverts d'une enveloppe isolante. La distance de ces électrodes est mesurée avec soin.

Résistance des électrolytes. — Quand un liquide est décomposé par le courant, la mesure de sa résistance devient plus difficile, à cause de la polarisation des électrodes, qui augmente la valeur de la différence de potentiel observée entre les électrodes métalliques.

On peut cependant éliminer cette cause d'erreur en employant des électrodes de nature convenable, par exemple des électrodes de zinc dans du sulfate de zinc. En leur donnant une surface très grande par rapport à la longueur de la colonne liquide, et en renversant fréquemment le sens du courant, on peut arriver à faire les mesures avant qu'il se soit produit une polarisation notable.

On peut encore faire deux expériences avec des colonnes de liquide de longueur très différente, mais en laissant au courant à peu près la même intensité et la même durée; on peut alors éliminer facilement l'influence de la polarisation.

MM. Kohlrausch et Nippoldt ont étudié la résistance des mélanges d'acide sulfurique et d'eau. Ils se servaient de courants magnéto-électriques alternatifs, dont la force électromotrice variait de $\frac{1}{2}$ à $\frac{1}{74}$ d'élément Grove, et, au moyen d'un couple thermo-électrique cuivre-fer, ils réduisaient cette force à $\frac{1}{429\,000}$ de Grove. Ils ont trouvé que la loi d'Ohm s'applique à cet électrolyte, entre ces limites de force électromotrice. La résistance présente un minimum quand le mélange contient $\frac{1}{3}$ d'acide sulfurique. Elle diminue quand la température s'élève.

M. Lippmann a fait des mesures en plaçant dans le circuit d'une pile l'électrolyte et une boîte de résistances. Un commutateur à mercure permet de relier aux deux fils $\alpha\beta$ d'un électromètre capillaire les deux extrémités de la colonne liquide ou celles de la boîte de résistances. On règle la résistance de la boîte pour que la différence de potentiel entre ses deux extrémités soit la même qu'entre celles de la colonne liquide. La résistance de la caisse est alors égale à celle de l'électrolyte. Le liquide est placé dans un tube de verre terminé par deux disques métalliques perpendiculaires à son axe. Les parois du tube sont percées de deux trous fins, p et p', destinés à établir la communication avec l'électromètre, par l'intermédiaire d'ajutages latéraux, mastiqués sur le tube et remplis du même liquide. La polarisation n'intervient pas, la colonne pp' ne contenant aucune électrode traversée par le courant.

Résistance des gaz. — Sous les pressions ordinaires, la résistance des gaz est tellement grande, qu'ils peuvent être considérés comme absolument isolants.

MM. W. de la Rue et Hugo W. Müller, puis M. Varley, ont étudié la résistance des gaz raréfiés dans les tubes destinés à faire passer des décharges. Cette résistance dépend beaucoup plus du diamètre que de la longueur. Étant donnés deux tubes sensiblement de même longueur et de même diamètre, mais présentant, au milieu de leur longueur, une partie capillaire dans l'un, et un diaphragme en verre percé d'un trou dans l'autre, le rapport de la différence des potentiels n'était que 4,31, bien que l'étranglement, dans le premier tube, fût cent vingt-cinq fois plus long que dans l'autre. La résistance était mesurée par un pont de Wheatstone.

M. Varley donne les résultats suivants : « 1° Chaque tube exige un certain potentiel pour être amorcé; 2° une fois ce potentiel minimum P établi, si l'on donne au potentiel les valeurs $P+1, P+2, \ldots P+n$, l'intensité varie comme les nombres $1, 2, 3, \ldots n$. Il semble qu'un certain effort soit nécessaire pour traverser le gaz raréfié; après quoi, ce gaz se comporte comme un conducteur ordinaire, pourvu que l'on retranche de la pile réelle le nombre d'éléments capable de produire le potentiel P. »

« Il semble résulter de ces expériences, dit Maxwell, qu'il y a une sorte de polarisation des électrodes, dont la force électromotrice est d'un certain nombre n de Daniells, et qu'au-dessous de cette force la pile n'a d'autre effet que d'établir cet état de polarisation. Quand la polarisation a atteint son maximum, l'excès de la force électromotrice au-dessus de n éléments fait passer le courant conformément à la loi d'Ohm.

« La loi du courant à travers un gaz raréfié présente donc une grande analogie avec celle du courant à travers un électrolyte, où il faut tenir compte de la polarisation des électrodes. »

MM. de la Rue et Müller ont cherché si, en

coupant les communications d'un tube à gaz raréfié après la décharge, les électrodes de ce tube sont polarisées chimiquement, comme le seraient celles d'un voltamètre. Le courant obtenu a paru résulter d'une charge statique, et non d'une polarisation chimique.

Résistance des diélectriques. — Nous avons donné plus haut (Voy. CABLE) un exemple de mesure de la résistance des diélectriques. Comme cette résistance augmente avec la durée de l'électrisation, on la mesure généralement au bout d'une minute de charge.

Si on calcule la résistance R d'un condensateur à diélectrique solide, on trouve qu'elle est liée à sa capacité C par la relation

$$CR = \frac{1}{4\pi} \rho k,$$

ρ étant la résistance spécifique et k la constante diélectrique. Ainsi, pour une couche cylindrique de gutta-percha de longueur l, comprise entre deux cylindres métalliques de diamètres d et D (enveloppe isolante d'un câble sous-marin), on a

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \log.\ \text{nép.}\ \frac{D}{d} = 0,366 \frac{\rho}{l} \log.\ \frac{D}{d}.$$

D'où l'on tire

$$\rho = 2,729 \frac{lR}{\log.\ \frac{D}{d}}.$$

Pour la bonne gutta-percha, la résistance spécifique, rapportée au centimètre cube, à 24° C. et après une minute de charge, varie de 389×10^6 à 450×10^6 mégohms, ou de $3,89 \times 10^{23}$ à $4,5 \times 10^{23}$ unités absolues électromagnétiques.

La résistance de la gutta-percha décroît rapidement lorsque la température augmente. D'après MM. Clark et Bright, la formule suivante indique la résistance R à $t°$ en fonction de la résistance R_0 à 0°

$$R = R_0 \times 0,8944^t.$$

Sous une pression p, exprimée en kilogrammes, la résistance est

$$R_p = R\,(1 + 0,00327\,p),$$

R étant la résistance à la pression ordinaire.

M. Siemens mesure de la manière suivante la résistance des diélectriques : on forme avec la substance un condensateur à grande surface, dont une armature est portée au potentiel P, l'autre étant reliée à la terre, et l'on mesure le temps t nécessaire pour que ce potentiel tombe à la valeur p. On a

$$p = Pe^{-\frac{t}{CR}}$$

d'où

$$R = \frac{t}{C \log.\ \text{nép.}\ \frac{P}{p}} = \frac{0,4343\,t}{C \log.\ \frac{P}{p}}.$$

En particulier, si l'on prend $p = \frac{P}{2}$, on a

$$R = 1,443 \frac{t}{C}.$$

Un câble construit avec de la gutta-percha, dont la résistance spécifique est 389×10^6 mégohms, met cent secondes à perdre la moitié de sa charge.

APRÈS QUELQUES MINUTES D'ÉLECTRISATION.	RÉSISTANCE spécifique.	TEMPÉRATURE centigrade.	RÉFÉRENCES.
Mica..........	$8,4 \times 10^{22}$	20	Ayrton et Perry.
Gutta-percha..	$4,5 \times 10^{23}$	24	Etalon adopté pr Latimer Clark.
Gomme laque.	$9,0 \times 10^{24}$	28	Ayrton et Perry.
Matière de Hooper.........	$1,5 \times 10^{25}$	24	Essais récents de câbles.
Ébonite......	$2,8 \times 10^{25}$	46	Ayrton et Perry.
Paraffine......	$3,4 \times 10^{25}$	46	Id.
Verre.........	Pas encore mesurée avec précision, mais plus grande que les précédentes.		
Air............	Pratiquement infinie, quand il est froid.		

M. Foussereau a étudié la résistance des diélectriques. Il a trouvé que :

1° Leur résistance diminue quand la température s'élève ;

2° Elle augmente considérablement en passant de l'état liquide à l'état solide. Le changement est cependant moins marqué pour les corps qui passent par l'état pâteux ;

3° La structure moléculaire des solides influe beaucoup sur leur résistance ; la forme cristalline l'augmente généralement ;

4° La trempe diminue la résistance du verre et du soufre ;

5° Toutes les modifications allotropiques des liquides modifient la résistance.

La Compagnie des téléphones de Londres a fait faire récemment quelques mesures relatives à la résistance des différentes espèces de bois qui peuvent être utilisées par les électriciens.

Ces mesures ont été prises au moyen de bornes placées de 2 en 2 pouces (51 mm.) dans

des pièces de bois des essences suivantes, chaque pièce ayant à peu près 80 millimètres de largeur et 18 millimètres d'épaisseur :

	Résistance en Mo.
Acajou	48
Sapin	214
Palissandre	291
Gaïac	397
Noyer	478
Teck	734

Ces résultats prouvent que le teck est le meilleur isolant. Il convient mieux pour les appareils électriques que l'acajou, qui est le plus mauvais isolant. On l'emploie beaucoup pour la construction des câbles artificiels.

Ces échantillons avaient été placés dans un endroit chaud et sec quelque temps avant l'époque de l'essai, car la conductibilité de la surface joue un grand rôle dans ces mesures.

Tous ces essais ont été faits dans le sens des fibres du bois. D'autres expériences ont démontré que le même morceau de bois donne une résistance de 50 à 100 p. 100 plus élevée, si l'on opère normalement aux fibres.

Résistance des substances organisées. — Elle est généralement très grande, et quelques-unes peuvent même être considérées comme parfaitement isolantes. Elle est, de plus, extrêmement difficile à mesurer, car le moindre changement produit des différences notables.

La résistance du corps humain, qui présente un grand intérêt au point de vue des applications médicales, est également impossible à mesurer avec précision. Elle est certainement de plusieurs milliers d'ohms. D'ailleurs, une notable partie de la résistance présentée par le corps au passage du courant est due au contact de la peau avec les électrodes; cette résistance varie énormément, suivant que la peau est sèche ou humide, enduite de matière grasse ou imbibée d'eau acidulée. Pour la diminuer, on a coutume de laver la peau à l'alcool ou à l'eau de savon, afin d'enlever les matières grasses, avant d'appliquer les électrodes.

Résistance de deux corps en contact. — Lorsque les surfaces de contact de deux corps solides sont bien propres et pressées l'une contre l'autre avec une certaine force, la résistance est à peu près la même que s'il y avait continuité. Mais elle est considérablement augmentée si l'une de ces conditions n'est pas remplie; aussi doit-on avoir soin, surtout dans les expériences de mesures, que tous les contacts soient toujours en parfait état.

Résistance des foyers lumineux. — La résistance de l'arc voltaïque diminue lorsque l'intensité du courant augmente. Ainsi, d'après M. Preece, pour un courant de 10 webers (une unité absolue électro-magnétique C. G. S.), donnant 440 bougies anglaises, la résistance de l'arc serait 2,77 ohms; pour un courant de 21,5 webers et une lumière de 900 bougies, elle serait 1,07 ohm, et enfin, pour 30,12 webers et 1 230 bougies, elle ne serait plus que 0,54 ohm.

La résistance des lampes à incandescence diminue aussi à mesure que la température augmente. Cette diminution persiste d'abord en partie après le refroidissement. La résistance diminue donc ordinairement pendant les deux ou trois cents premières heures de fonctionnement; elle recommence ensuite à augmenter.

Résistance de compensation. — Voy. Shunt.

Résistance fictive. — L'extra-courant qui prend naissance à la fermeture d'un circuit diminue d'abord l'intensité du courant primaire. C'est comme si la résistance du circuit éprouvait une augmentation d'abord notable, et qui irait ensuite en diminuant. L'extra-courant de rupture équivaut à une diminution de résistance. Cette variation fictive de la résistance peut être très considérable pour de grandes valeurs du coefficient de self-induction, ou pour une variation très rapide de l'intensité.

Résistance d'un galvanomètre. — La résistance d'un galvanomètre peut se mesurer comme celle d'un conducteur; mais il faut alors employer un autre galvanomètre pour faire les lectures. Il est possible d'éviter cette complication et de lire les déviations à l'aide du galvanomètre même que l'on étudie. Voici deux méthodes très simples.

Méthode de l'égale déviation. — On fait un circuit avec une pile P, dont nous supposerons la résistance négligeable, une boîte de résistances et le galvanomètre étudié, sur les bornes duquel on place d'abord un shunt en dérivation. Soient g et s les résistances du galvanomètre et du shunt, R celle de la boîte.

L'intensité totale est

$$I = \frac{E}{R + \frac{gs}{g+s}}.$$

Dans le galvanomètre (Voy. Courants dérivés), l'intensité est

$$i = \frac{Es}{R(g+s) + gs}.$$

On lit la déviation, puis on enlève le shunt. La déviation augmente : on la ramène à sa

valeur primitive en augmentant la résistance de la boîte ; soit R' cette nouvelle valeur. L'intensité totale est i, et l'on a

$$i = \frac{E}{R' + g}.$$

D'où

$$\frac{1}{R' + g} = \frac{s}{R(g + s) + gs}$$

et

$$g = \frac{R' - R}{R} s.$$

Cette méthode est simple, mais elle exige que la résistance de la pile soit assez faible pour qu'on puisse la négliger.

Méthode de sir W. Thomson. — Lorsque l'intensité est nulle dans une dérivation, les intensités dans les autres branches sont indépendantes de la résistance de la première ; on peut donc, sans rien changer, modifier la résistance de cette dérivation et même la couper. C'est ce qui permet de remplacer le galvanomètre du pont de Wheatstone par un électromètre.

La méthode de Thomson est fondée sur cette remarque. L'une des branches CD du pont (fig. 823) est formée uniquement par le galvanomètre x dont on cherche la résistance. Sur le pont BD on place, au lieu d'un galvanomètre, un interrupteur (*Key*) O. Les autres branches sont disposées comme d'ordinaire. L'équilibre est établi, lorsqu'on peut ouvrir ou fermer l'interrupteur sans faire varier la déviation du galvanomètre. On a alors

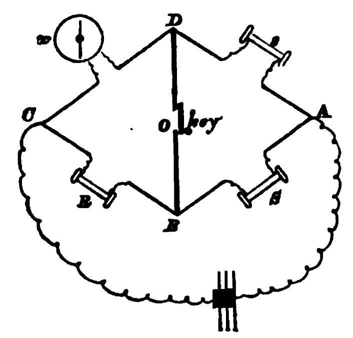


Fig. 823. — Mesure de la résistance d'un galvanomètre.

$$x = R \frac{s}{S}.$$

Mesure de la résistance intérieure des piles. — Le liquide de la pile présente une certaine résistance au courant, comme les autres conducteurs placés dans le circuit. Cette résistance varie avec la distance et la surface des électrodes, la nature et la concentration des liquides, etc. Lorsque la pile est formée de plusieurs éléments, sa résistance totale varie suivant le mode d'arrangement (Voy. COUPLAGE).

Méthode d'opposition. — La méthode indiquée plus haut (p. 318) pour la mesure des forces électromotrices donne aussi la résistance des piles.

Supposons que la résistance R de AGM (fig. 358) se réduise à celle de la pile, celle des conducteurs étant négligeable ; soit r la résistance de la dérivation ARM, c'est-à-dire du rhéostat R ; nous avons trouvé

$$\frac{E}{E'} = \frac{r}{R + r} = \frac{a}{a + b}$$

a et b étant les résistances ajoutées aux rhéocordes dans la seconde expérience. On tire de la deuxième équation

$$R = \frac{b}{a} r.$$

On aura donc facilement R si l'on connaît exactement r.

Méthode de la demi-déviation. — On forme un circuit avec la pile et un galvanomètre ; soit x la résistance de la pile, g celle du galvanomètre et du circuit. On note la déviation. L'intensité est

$$I = \frac{E}{x + g}.$$

On introduit ensuite une résistance R telle que l'intensité devienne $\frac{I}{2}$, et l'on a

$$\frac{I}{2} = \frac{E}{x + g + R}.$$

D'où l'on tire, en éliminant I et E

$$x = R - g.$$

Le galvanomètre peut être muni d'un shunt. On doit n'employer que de petites déviations, ou faire usage d'un appareil étalonné, afin que les déviations soient proportionnelles aux intensités.

Méthode de Wheatstone. — On forme un circuit avec la pile de résistance x, une boîte de résistances à laquelle on donne d'abord une résistance R et un galvanomètre de résistance g. L'intensité est

$$(1) \qquad I = \frac{E}{x + R + g}.$$

Après avoir lu la déviation, on attache aux deux bornes du galvanomètre une déviation

de même résistance g. L'intensité totale devient

$$I' = \frac{E}{x + R + \frac{g}{2}}.$$

Le courant se partage également entre les deux dérivations, et par suite l'intensité dans le galvanomètre est

$$i = \frac{I'}{2} = \frac{E}{2x + 2R + g}.$$

La déviation a donc diminué. On la ramène à sa première valeur en enlevant de la caisse une résistance r. L'intensité totale devient

$$I' = \frac{E}{x + R - r + \frac{g}{2}}$$

et dans le galvanomètre

$$(2) \qquad I = \frac{E}{2(x + R - r) + g}.$$

De (1) et (2) on tire

$$x = 2r + R.$$

Méthode de sir W. Thomson. — Cette méthode est une des plus employées. On fait un circuit avec la pile P, une boîte de résistances R à laquelle on donne d'abord une résistance r et un galvanomètre G (fig. 824).

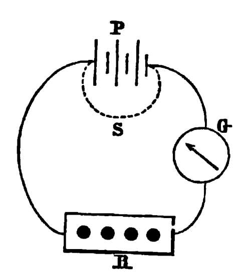


Fig. 824. — Méthode de Thomson.

On attache d'abord aux deux pôles de la pile une dérivation S, de résistance s. On lit la déviation, puis on supprime la dérivation S. L'intensité augmente; on la ramène à sa première valeur en augmentant la résistance de la boîte, qui devient R.

L'intensité est d'abord, dans la dérivation GR,

$$I = \frac{Es}{x(g + r + s) + s(g + r)}.$$

Dans le second cas, l'intensité totale est

$$I = \frac{E}{x + g + R}.$$

D'où l'on tire

$$x = \frac{R - r}{g + r} s.$$

La dérivation S peut être formée d'une boîte de résistances : il suffit de 5 ohms. La résistance des conducteurs doit être négligeable. On peut prendre pour R un rhéocorde de 1 mètre de longueur, formé de fil assez résistant, par exemple du fil d'acier de $\frac{1}{3}$ de millimètre.

La table de mesures décrite plus haut (Voy. Mesures) permet d'appliquer cette méthode. La pile est reliée au commutateur multiple 3 (Voy. fig. 611 et 780) d'où le courant passe par 5 dans la caisse 6 : il traverse la branche A du pont (la branche AD étant coupée), puis la résistance BC, la prise de courant 9, fermée par une cheville, revient au point D et de là au commutateur 5 *bis*, dont la cheville 3 est en place. Il est dirigé dans le galvanomètre à travers le shunt 10 et la clef de court-circuit 11, et revient au commutateur 5 *bis*, où la cheville 4 *bis* l'envoie dans la seconde moitié de la table. Le circuit se ferme en effet par la clef de décharge 12 et la fiche 2 *bis* du commutateur 5. La dérivation S s'obtient en mettant la lame de contact entre les deux bornes de la caisse 7, qui se trouve ainsi placée en dérivation à partir de l'inverseur de courant 4.

Méthode de Mance. — On dispose un pont de Wheatstone semblable à celui de la figure 823 mais on met la pile à la place du galvanomètre x et réciproquement. Le principe est le même que celui de la méthode de Thomson (p. 675); lorsque le pont BD n'est parcouru par aucun courant, on peut ouvrir l'interrupteur O sans changer l'intensité dans les autres branches, et par conséquent sans changer la déviation du galvanomètre. La résistance x de la pile est alors donnée par

$$x = \frac{s}{S} R.$$

La méthode de Mance est très simple; mais le courant est trop énergique et imprime à l'aiguille aimantée des oscillations trop grandes pour qu'on puisse employer un galvanomètre sensible. Ainsi, avec l'appareil à réflexion de Thomson, il est difficile de maintenir l'image lumineuse dans les limites de l'échelle.

M. Lodge a supprimé cet inconvénient en coupant la dérivation qui contient le galvanomètre pour y intercaler un condensateur.

La table de mesures linéaires décrite plus haut (Voy. Pont de Wheatstone, fig. 781) peut servir à mesurer la résistance intérieure des

piles à l'aide de la méthode de Mance, modifiée par M. d'Infreville. La pile est reliée à la table, qui est disposée de façon que sa clef à double contact fasse office de clef de court circuit; le

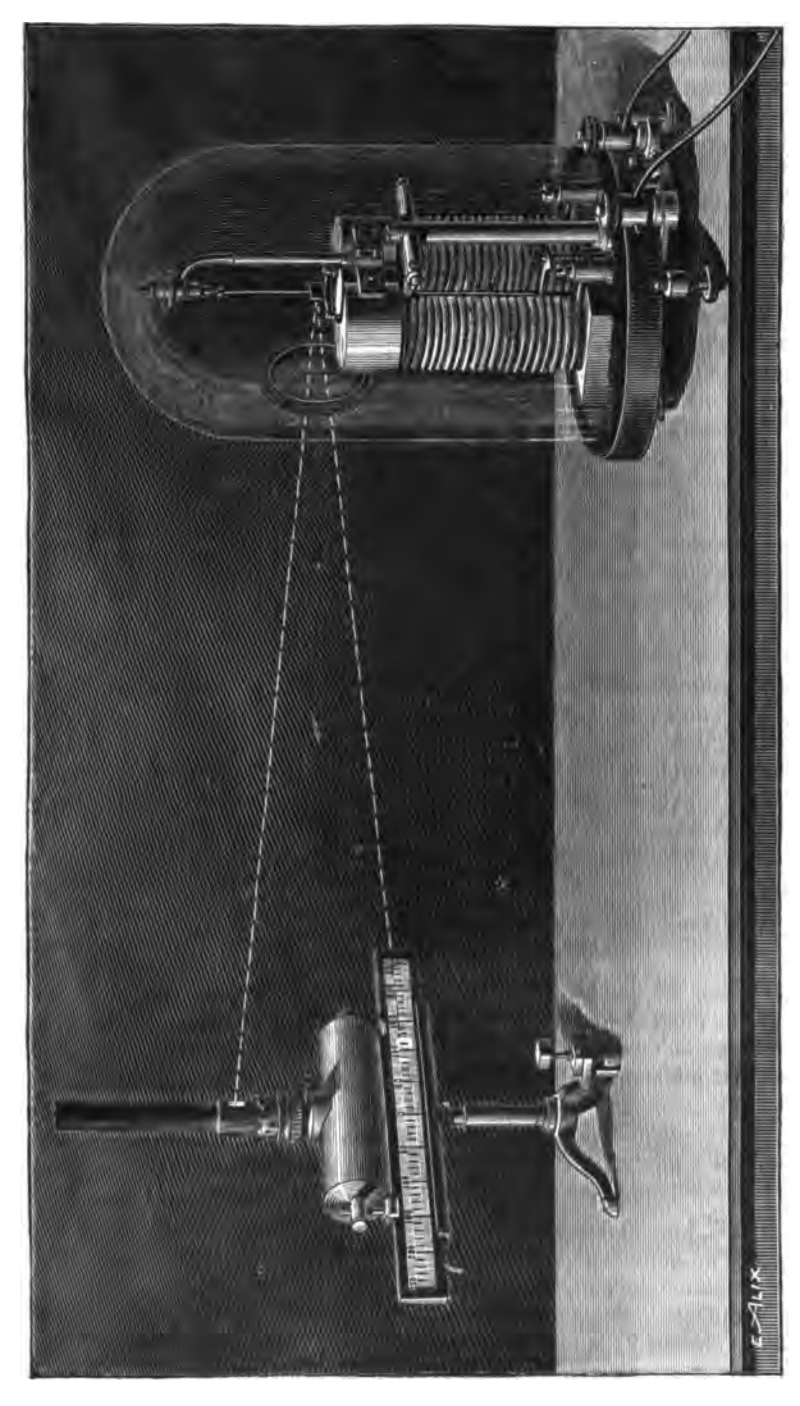


Fig. 825. — Galvanomètre pour la méthode de Mance.

courant, se divisant dans les deux branches du pont, au lieu de déverser ses deux portions directement dans le galvanomètre, les envoie dans le circuit primaire d'une petite bobine d'induction dont le circuit secondaire passe par le galvanomètre. On a ainsi des déviations

plus petites et l'image lumineuse ne sort pas de l'échelle divisée. Dans cette opération, le galvanomètre ordinaire de la table est remplacé par un galvanomètre à réflexion plus sensible. Cet appareil (fig. 825) se compose d'un aimant en fer à cheval vertical; les pôles, placés à la partie supérieure, sont reliés par des traverses d'ivoire à une forte armature de fer doux. Dans l'espace compris entre les pôles et l'armature tourne un équipage mobile formé de deux petites bobines de fil très fin, reliées l'une à l'autre par une pièce légère en ivoire, et placées chacune au-dessus de l'un des pôles de l'aimant. Ces deux bobines sont réunies en tension. Elles reçoivent le courant par les deux fils d'argent verticaux qui supportent l'équipage mobile; au bas du fil supérieur est placé le miroir. Ce fil est fixé à un bouton qui peut tourner et se déplacer verticalement au sommet de l'appareil pour le réglage.

Méthode de Munro. — Cette méthode repose sur l'emploi des condensateurs; la pile ne fonctionne que pendant un temps extrêmement court et par suite n'a pas le temps de se polariser.

On met en circuit la pile P de résistance x, un galvanomètre à réflexion de Thomson G, un condensateur C et un interrupteur. Soit R la résistance du circuit intérieur.

Si l'on ferme l'interrupteur, le condensateur se charge à travers le galvanomètre, qui subit une déviation instantanée α. Si Q est la quantité d'électricité qui a traversé l'appareil, on a

$$Q = \frac{E}{R},$$

E étant la différence de potentiel entre les pôles de la pile, ou, puisque le circuit est ouvert au condensateur, la force électromotrice. Si les déviations sont petites, α est proportionnelle à Q

$$\alpha = k\frac{E}{R}.$$

Pour éliminer k et R, le circuit restant fermé, on établit, à l'aide d'un autre interrupteur, une dérivation de résistance s sur les bornes de la pile. Par suite, la différence de potentiel entre les pôles diminue et devient V; le condensateur se décharge donc en partie, et le galvanomètre est traversé par une quantité d'électricité

$$Q' = \frac{E-V}{R}.$$

Il indique donc une déviation α' de sens contraire à la première

$$\alpha' = k\frac{E-V}{R}.$$

D'où

$$\frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{E-V}{E}.$$

Dans le circuit fermé, constitué par la pile et la dérivation s, le potentiel décroît uniformément, suivant la règle ordinaire. Donc

$$\frac{V}{E} = \frac{s}{x+s}.$$

D'où l'on tire

$$\frac{\alpha'}{\alpha} = 1 - \frac{s}{x+s}$$

et

$$x = \frac{\alpha'}{\alpha-\alpha'}s.$$

RÉSISTANCE MAGNÉTIQUE. — Par analogie avec l'électricité, on appelle résistance magnétique une quantité

$$\frac{1}{\mu}\frac{l}{s}$$

qui varie en raison directe de la longueur et en raison inverse de la section. Le coefficient $\frac{1}{\mu}$ représente la résistance spécifique. C'est l'inverse de la conductibilité ou perméabilité magnétique μ.

L'analogie avec la résistance électrique existe surtout dans les formules, car la résistance électrique ne dépend ni de la force électromotrice ni du flux d'électricité, tandis que la résistance magnétique est une fonction des deux quantités correspondantes.

RÉSISTANCE (Bobine et Boite de). — Voy. Bobine et Boite.

RETARD D'AIMANTATION. — L'intensité d'aimantation n'est pas constante pour une même valeur de la force magnétisante : elle dépend des états antérieurs. Ainsi, lorsqu'on fait croître la force magnétisante jusqu'à un certain maximum, puis décroître jusqu'à zéro, l'intensité est plus grande dans la période descendante que dans la période ascendante. Il y a *retard* de l'aimentation par rapport à la force magnétisante. Ce retard est un effet de la force coercitive : il est plus grand pour l'acier que pour le fer doux.

RÉTENTIVITÉ MAGNÉTIQUE. — M. Hopkinson propose de donner ce nom à la cause qui ramène une substance magnétique à l'état

neutre, malgré la force coercitive, après l'application d'une force magnétisante intense.

RETOUR (COURANT DE). — Courant observé sur une ligne télégraphique bien isolée, lorsqu'on la met rapidement en communication avec le récepteur après l'avoir fait communiquer avec la pile.

RETOUR (FIL DE). — Conducteur qui revient des appareils au pôle négatif. Dans les télégraphes, le retour se fait généralement par la terre.

RÉVEILLE-MATIN ÉLECTRIQUE. — Réveille-matin dont la sonnerie est actionnée par un courant électrique. Il en existe un grand nombre de modèles. Quelques-uns se composent d'une montre qu'on peut porter dans la poche pendant la journée, et qu'on place le soir sur un support spécial; tel est le *chronophone*, décrit plus haut.

M. Burmann a imaginé un appareil analogue. Une sonnerie trembleuse et sa pile sont placées dans une petite boîte, recouverte par le timbre et surmontée d'un petit support qui reçoit la montre ; le verre de celle-ci peut tourner et porte une petite languette métallique qu'on amène ainsi à l'heure à laquelle on veut être réveillé. Les communications sont établies d'avance de telle sorte que l'aiguille des heures, lorsqu'elle vient toucher la languette, ferme le circuit et mette en marche la sonnerie, qui s'arrête seulement lorsque l'aiguille abandonne la languette. En donnant à cette pièce une largeur plus ou moins grande, on peut prolonger la sonnerie à volonté.

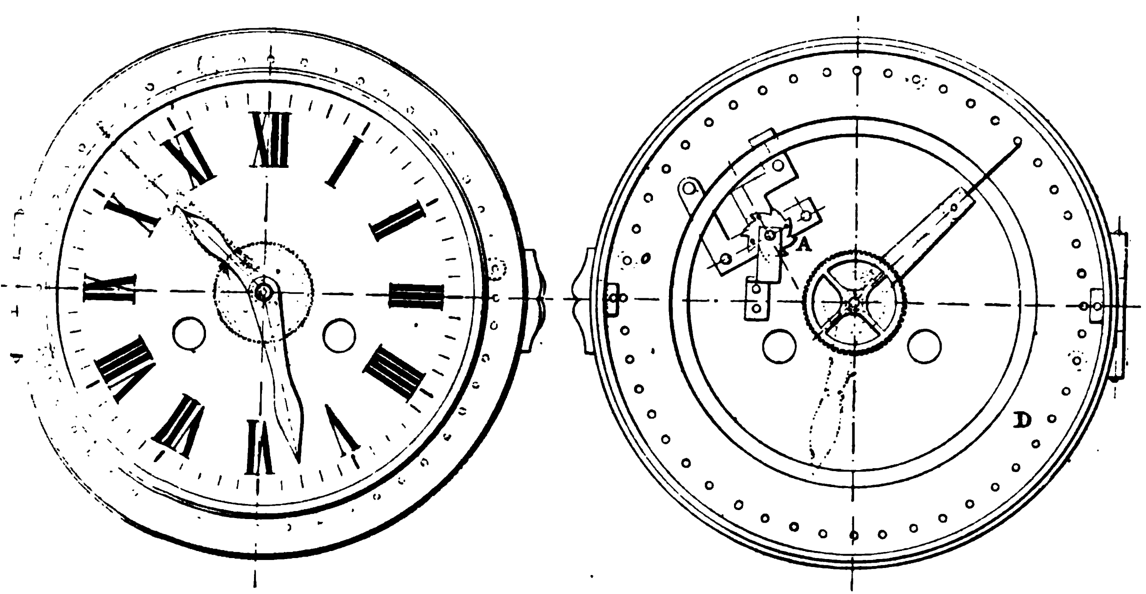


Fig. 826. — Cadran du réveille-matin (système Gorges).

Dans le système Gorges, une pendule ordinaire sert de réveille-matin : la disposition est très simple et les pièces ajoutées au mécanisme ordinaire sont complètement cachées. La figure 826 montre l'aspect extérieur et intérieur du cadran; la figure 827 représente les détails du mécanisme. Le cadran est entouré d'un cercle de cuivre D, percé de trous en face des différentes divisions. Si l'on veut par exemple être réveillé à 2 h. 50 m., on enfonce une cheville dans le trou *o*, qui correspond à cette heure. Le cercle D et la cheville, complètement cachés par la couronne qui entoure le verre, communiquent avec la sonnerie et avec l'un des pôles de la pile. L'autre pôle est relié à une goupille *i* placée sur la roue des heures R, par l'intermédiaire des pièces du mécanisme. La roue R porte une pièce en cuivre *a* dont elle est isolée par une rondelle en ébonite, et qui est munie d'un prolongement E parallèle à l'aiguille des heures. Sur la pièce *a* est fixé un ressort *bb'*, qui peut tourner librement autour de la vis *c* ; un autre ressort *d* appuie la branche *b'* contre la goupille *i*.

Lorsque l'aiguille des heures passe devant la cheville *o*, l'extrémité du ressort *b* vient toucher cette cheville et ferme le circuit. La sonnerie tinte, mais seulement pendant un instant, car,

l'aiguille continuant à avancer, la pression de la cheville fait basculer le ressort *bb'*, malgré l'action du ressort *d*, et écarte l'extrémité *b'* de la goupille *i*, ce qui rompt le circuit.

On peut placer autant de chevilles que le disque D porte de trous ; la sonnerie fonctionnera à chaque contact.

Enfin, si l'on veut être réveillé tous les jours à la même heure, il est commode de laisser la cheville en place, mais il est inutile que la sonnerie tinte deux fois en vingt-quatre heures. On pourrait éviter cet inconvénient avec un interrupteur ; mais on a jugé préférable d'ajouter à l'appareil un interrupteur automatique A (fig. 826).

Cet interrupteur se compose d'une roue à rochet munie de huit dents, qui portent de deux en deux des chevilles fixes, disposées de manière à pouvoir appuyer sur un ressort, isolé des pièces du mouvement et en communication directe avec la pile. La roue à rochet étant reliée au disque D, celui-ci ne communique avec la pile que si le ressort est pressé par l'une des chevilles du rochet. Supposons que l'aiguille E vienne d'échapper la cheville en *o*, et que la sonnerie ait fonctionné ; c'est que le ressort de

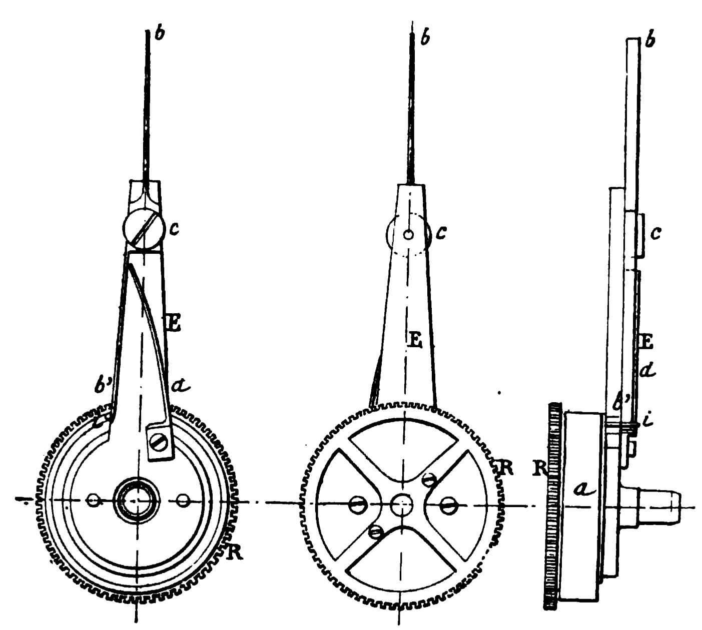


Fig. 827. — Détails du contact.

l'interrupteur A était pressé par l'une des chevilles du rochet. La pièce E continuant à tourner, une buttée *m*, fixée au-dessous de *a*, rencontre le rochet et le fait avancer d'une dent. Lorsque l'aiguille E rencontre la cheville *o* douze heures plus tard, cette cheville est isolée et le circuit ne se ferme pas. La buttée ne rencontrant le rochet que toutes les douze heures, le cercle D est alternativement isolé ou relié à la pile pendant chacune de ces périodes.

Cet appareil est simple et solide; il permet de placer la sonnerie à une distance quelconque de la pendule ; il peut fonctionner successivement à plusieurs heures et peut servir dans les Compagnies de chemins de fer, bateaux, etc., à avertir de l'heure des départs.

On peut encore transformer facilement en réveille-matin une pendule quelconque. On relie la sonnerie et l'un des pôles de la pile au mouvement d'horlogerie et l'autre pôle à une tige recourbée, qu'on place devant le cadran à l'heure voulue, de sorte que la grande aiguille passe par-dessus le crochet de la tige sans le toucher, mais que l'aiguille des heures vienne fermer le circuit au moment où la sonnerie doit se faire entendre.

On obtient le même résultat en plaçant les deux extrémités des conducteurs à une petite distance l'une de l'autre devant le cadran, de façon que l'aiguille des heures vienne toucher les deux piles à la fois.

M. Lamon fixe, sur la chaîne d'un pendule à poids dit *coucou*, une boule métallique qui, par la descente des poids, vient toucher à l'heure

voulue deux contacts isolés et fermer le circuit de la sonnerie. Toutes ces dispositions très simples permettent de mettre en marche simultanément un nombre quelconque de sonneries, placées à une distance quelconque.

RÉVERSIBILITÉ DES MACHINES D'INDUCTION. — Voy. MACHINE.

RHÉÉLECTROMÈTRE. — Appareil imaginé en 1833 par Marianini pour indiquer le sens et l'intensité des courants, et notamment de ceux produits par la foudre. Le rhéélectromètre a été perfectionné par M. Melsens. Il se compose d'une bobine renfermant des tiges de fer ou mieux d'acier complètement exemptes de magnétisme : au-dessus est disposée une grosse boussole dont l'aiguille aimantée est perpendiculaire à ces tiges. Si l'on fait passer un courant dans la bobine, les tiges s'aimantent et dévient l'aiguille de la boussole. Les tiges d'acier sont portées au rouge entre chaque expérience pour les désaimanter. Pour étudier les courants produits par la foudre, on relie la bobine à deux points de la tige d'un paratonnerre, ou, pour éviter la fusion du fil, à deux points d'un conducteur parallèle au paratonnerre; la bobine est alors parcourue par des courants induits. Le rhéélectromètre est employé dans ce but à l'observatoire du mont Ventoux; il est également en usage sur le réseau télégraphique belge.

RHÉOCORDE. — Forme particulière de rhéostat imaginée par Pouillet. Le rhéocorde est formé d'un fil métallique bien calibré, dont une extrémité est reliée au circuit : l'autre bout du circuit communique avec un curseur qui se déplace sur le fil; une division indique la longueur de fil et par conséquent la résistance intercalée dans le circuit.

Il est plus commode d'employer deux fils *ff'* parallèles (fig. 828), qu'on maintient bien tendus à l'aide d'une poulie T, commandée par la vis *r*. Les deux bornes BB' communiquent avec le circuit. Un curseur *m* plein de mercure glisse sur les fils : sa résistance étant négligeable, la résistance intercalée est égale à deux fois sa distance aux bornes. La cheville F permet de mettre l'appareil en court circuit. Le rhéocorde est d'un emploi commode. On peut lui reprocher que les points de contact du fil avec le mercure sont souvent mal connus.

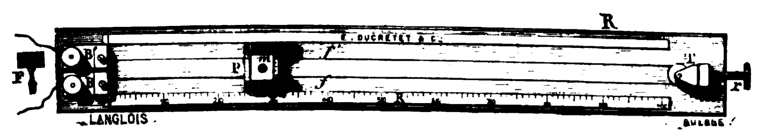


Fig. 828. — Rhéocorde de Pouillet.

RHÉOLYSEUR. — Sorte de pont de Wheatstone imaginé par M. Wartmann et qui permet de graduer l'intensité d'un courant depuis zéro jusqu'à un certain maximum.

RHÉOMÈTRE. — Nom donné par Schweigger aux premiers galvanomètres, formés d'une seule aiguille placée dans un multiplicateur rectangulaire. Se dit souvent du galvanomètre.

RHÉOPHORE. — Nom donné aux fils qui réunissent les pôles d'une pile avec les appareils destinés à utiliser le courant.

RHÉOSTAT. — Appareil servant à introduire dans un circuit une résistance variable, de manière à ramener l'intensité à la valeur qu'on désire.

Le rhéostat de Wheatstone (fig. 829) est formé de deux cylindres parallèles, sur lesquels s'enroule un fil de laiton ou mieux de maillechort. L'un des cylindres A est en laiton; l'autre B, en bois ou en ébonite, est creusé d'une rainure dans laquelle s'enroule le fil, qui passe ensuite sur le cylindre métallique. Une manivelle M permet de faire tourner les deux cylindres à la fois, dans le même sens et avec la même vitesse. On peut ainsi faire varier les longueurs du fil enroulées sur chacun des cylindres.

Si l'appareil est placé dans un circuit, l'interrupteur O fermé, sa résistance est égale à celle de la portion du fil enroulée sur le cylindre isolant, celle du cylindre métallique étant négligeable. On peut donc augmenter ou diminuer cette résistance en tournant la manivelle dans un sens ou dans l'autre. Le courant entre par *a*, suit le cylindre de laiton, puis le fil enroulé sur B, et revient à la borne *c*. La résistance du fil commence au point où il se détache tangentielllement du cylindre métallique ; elle est donnée par le nombre de tours, entier ou fractionnaire, qu'il fait sur le cylindre isolant. Les tours entiers sont indiqués par une règle divisée placée entre les deux cylindres, la fraction par une aiguille fixée au cylindre isolant et tournant sur un cadran.

Ce rhéostat peut servir à faire varier l'intensité d'un courant ou à mesurer une résistance par substitution. Dans ce dernier cas, on place cette résistance en K et l'on tourne le rhéostat jusqu'à ce que l'intensité ne change plus quand on ouvre ou qu'on ferme l'interrupteur O.

Cet instrument est moins commode que le rhéocorde : si les cylindres ne tournent pas exactement ensemble, il peut arriver que le fil de maillechort ne soit plus bien tendu, et la résistance n'est plus connue exactement. Sir W. Thomson a perfectionné le rhéostat de Wheatstone pour faire disparaître cet inconvénient.

Plusieurs modèles de rhéostats utilisent les

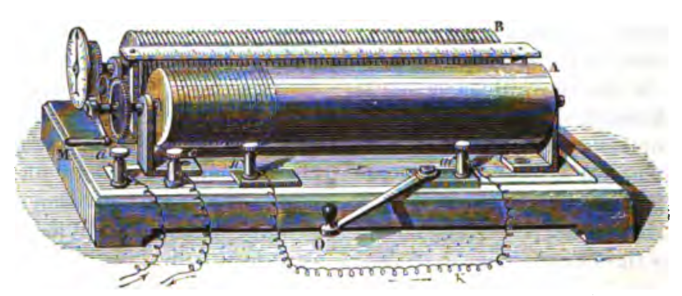


Fig. 829. — Rhéostat de Wheatstone.

variations de la résistance du charbon avec la pression. Le rhéostat de M. Edison est formé de disques de soie enduits de graphite et placés dans un cylindre où on les comprime avec une plaque métallique mue par une vis micrométrique. La pression est indiquée sur un cadran ; la résistance peut varier de 400 à 6 000 ohms. Le rhéostat de M. Engelmann est constitué par dix plaques formées d'un mélange de graphite et de gélatine que l'on comprime à l'aide d'une vis. L'élasticité de la gélatine permet de faire varier la résistance entre des limites très étendues, malgré le petit volume de l'appareil.

Rhéostats pour distributions d'électricité. — Dans les installations de lumière, les distributions d'énergie, etc., on emploie souvent des rhéostats pour maintenir constante l'intensité du courant en intercalant des résistances dans le circuit extérieur ou dans le circuit inducteur de la dynamo. Lorsque ces résistances sont introduites automatiquement, l'appareil prend le nom de régulateur (Voy. ce mot) : lorsqu'elles sont introduites à la main, c'est un rhéostat. Il y a même des régulateurs, comme celui d'Edison, décrit plus haut, qui, étant mus à la main, ne sont pas autre chose que des rhéostats.

Ces rhéostats ne diffèrent guère que par des détails de construction. L'un des plus simples est celui qu'emploie la Société des lampes Cance (fig. 830) : un fil nu en maillechort est enroulé en hélice, de manière que les différentes spires ne se touchent pas, sur un cylindre en fonte émaillée, garni de bandes d'amiante. Les deux extrémités du circuit communiquent d'une part avec l'un des bouts du



Fig. 830. — Rhéostat Cance.

rhéostat, d'autre part avec un curseur mobile sur une règle verticale, et qui porte un pignon dont les dents sont séparées par une distance égale au pas de la spirale. Quand on fait glisser ce curseur, on change la résistance sans interrompre le courant, car il y a toujours deux dents en contact avec l'hélice.

Toutes les lampes sont montées en dérivation, et chacune d'elles a dans son circuit un rhéostat, de façon qu'on puisse amener la résistance et par suite l'intensité à être la même dans toutes les dérivations.

Le rhéostat Bardon (fig. 831) est constitué aussi par un fil nu de maillechort dont les différentes spires sont isolées les unes des autres par de l'amiante. Un curseur mobile sur une règle verticale permet de faire varier la résistance. Son extrémité est assez large pour toucher en même temps deux spires consécutives, afin d'empêcher les interruptions.

Le rhéostat Wirt (fig. 832), très employé en Angleterre, est construit de la manière suivante. On prend du fil recouvert d'une gaîne isolante et on l'enroule sur un tube de papier porté par un mandrin. On recouvre d'une couche de vernis, pour faire adhérer le fil au papier, on enlève le mandrin et, avant que le vernis soit complètement sec, on aplatit le tube en le comprimant fortement, puis on l'enroule sur la surface d'un cylindre métallique, mobile autour d'un axe vertical. Enfin, après avoir donné une nouvelle couche de vernis, on met le fil à nu sur toute la circonférence médiane, afin de permettre le contact avec un balai horizontal, fixé à ses deux bouts. Le circuit communique d'une part avec le fil du rhéostat par le cylindre de cuivre, auquel il est soudé, d'autre part avec l'une des extrémités du balai. Les spires du fil sont verticales et l'on fait varier la résistance en faisant tourner le cylindre à l'aide du bouton moleté supérieur; chaque déplacement du contact

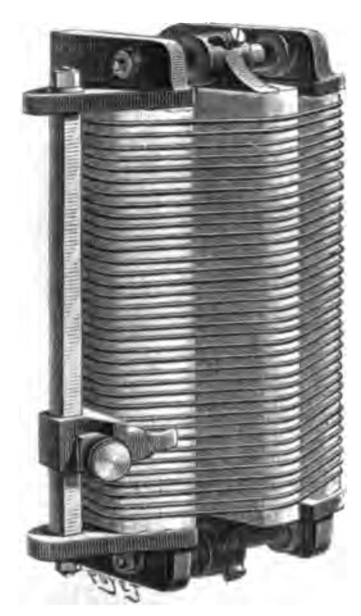


Fig. 831. — Rhéostat pour lampe (Bardon).

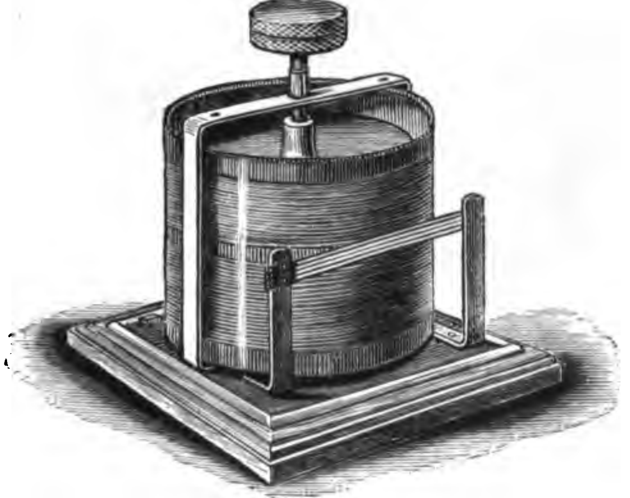


Fig. 832. — Rhéostat Wirt.

introduit ou supprime une longueur de fil égale à la circonférence du tube de papier. La résistance peut être indiquée par le déplacement d'un index sur un cadran. Cet appareil est très compact; le modèle le plus employé, dans lequel le cylindre n'a que 8 centimètres de hauteur, peut donner une résistance de 45 à 1 200 ohms.

Souvent aussi on emploie des rhéostats formés d'un certain nombre de spirales de maillechort ou de baguettes de charbon placées verticalement. Les extrémités de ces résistances aboutissent à des plots rangés en ligne droite ou en cercle et l'on peut en prendre un nombre variable à l'aide de chevilles ou d'une manette tournant autour du centre. Le modèle représenté (fig. 833) est employé par la Société Edison dans le circuit inducteur des dynamos pour maintenir la force électromotrice constante. Il est muni de deux cadrans dont l'un, pris en entier, présente une résistance égale à celle intercalée entre deux touches consécutives de l'autre. Le réglage peut se faire ainsi très exactement.

Rhéostats médicaux. — On emploie des rhéostats dans les applications médicales, soit pour faire des mesures rapides, soit pour graduer l'intensité des courants. Ils doivent donc être très résistants. M. Gaiffe construit pour cet usage un rhéostat (fig. 834), qui a la forme d'une boîte de résistances, et qui, sous un petit volume, donne une résistance totale de plus

de 40 000 ohms. On intercale les bobines en desserrant les écrous correspondants. Ces bobines sont en fil de maillechort.

Lorsqu'on ne se propose pas de faire des mesures, mais seulement de graduer l'intensité, il est plus simple d'employer un rhéostat à liquide ; l'une des électrodes se déplace par une vis de rappel et l'on peut faire varier la résistance de 10 à 150 ohms.

Le rhéostat appliqué par M. Trouvé à son polyscope se compose d'un fil de maillechort enroulé en spirale, et d'une tige métallique, fendue à la partie inférieure pour faire ressort, et qui glisse dans l'intérieur de la spirale. Les spires successives de celles-ci ne se touchent pas et sont isolées par une enveloppe de carton du tube métallique qui sert d'enveloppe. Le courant entre par le bas du ressort et sort par la tige, dont la résistance est négligeable. Lorsque la tige est poussée à fond, la résistance est minima. A mesure qu'on la soulève on augmente le nombre des spires intercalées; ce nombre est donné par une graduation tracée sur la tige.

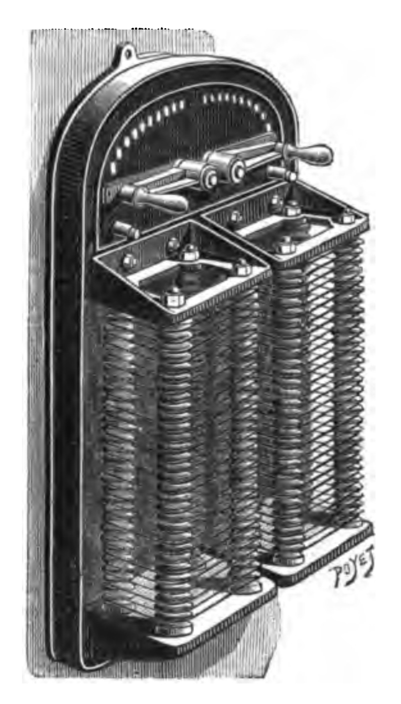




Fig. 833. — Rhéostat Edison.

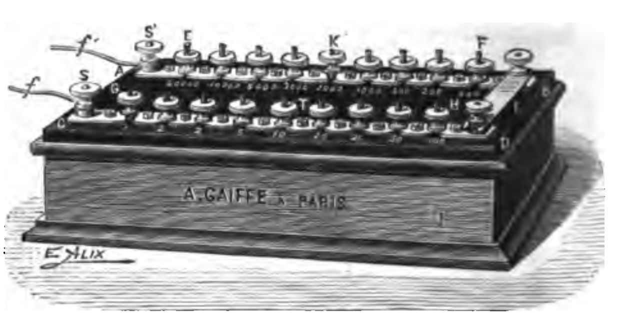


Fig. 834. — Rhéostat médical.

RHÉOSTATIQUE (MACHINE). — Voy. Machine rhéostatique.

RHÉOTOME. — Syn. d'Interrupteur. Se dit surtout des interrupteurs destinés à rompre le circuit d'une manière périodique et régulière.

Rhéotome liquide. — G. Planté a remarqué que, si l'on interpose dans un circuit un voltamètre à eau acidulée muni d'une électrode de platine et d'une électrode d'aluminium, le courant passe très bien lorsque l'électrode positive est formée par le platine, mais il est arrêté presque complètement lorsque cette électrode est constituée par l'aluminium, parce que l'alumine formée est insoluble et conduit mal. Ce fait a été appliqué par M. Ducretet à la construction d'un rhéotome à direction constante qui peut être utile dans certains cas. M. Caël a montré qu'on arrête mieux le courant en remplaçant l'eau acidulée par le bichromate de potasse et surtout par le bicarbonate de soude.

Rhéotome de Bell. — M. Bell a donné le même nom à une sorte de phonographe fondé sur cette observation qu'un jet d'air projeté sur une flamme lui fait rendre un son.

Un petit faisceau lumineux vient tomber par une fente étroite sur une plaque photographique qui tourne en spirale derrière cet orifice. En parlant dans un téléphone dont la membrane est percée d'un petit trou, et qui communique avec un réservoir d'air sous faible pression, on envoie sur le faisceau lumineux un jet de gaz qui fait varier son intensité.

Si l'on développe ensuite la plaque photographique, on obtient une spirale dont l'épaisseur varie d'un point à un autre, comme l'intensité du faisceau qui l'a produite. On fait subir de nouveau à la plaque le même mouvement en spirale en la mettant en circuit avec une pile, un microphone et un téléphone récepteur ; la pression des charbons du microphone varie avec l'épaisseur du tracé et le téléphone reproduit les sons enregistrés.

RHÉOTROPE OU ROUE DE MASSON. — In-

terrupteur imaginé par Masson et formé d'une roue de verre dont la circonférence porte une bande de cuivre présentant des dents également espacées. Deux ressorts, placés de chaque côté de la roue, communiquent avec le circuit. Lorsqu'on tourne l'appareil, l'un des ressorts frotte sur la bande de cuivre continue, l'autre rencontre alternativement les dents métalliques et la surface du verre, ce qui produit les interruptions. Ce rhéotome a été appliqué au premier modèle de la bobine d'induction, dû à Masson et Bréguet. Ces expérimentateurs ont également fait usage d'un rhéotrope à trois roues, montées sur le même axe, pour interrompre le courant inducteur et recueillir séparément les courants induits directs et inverses.

RIVURE ÉLECTRIQUE. — M. Rowan a employé un moteur électrique d'un demi-cheval pour actionner une machine à river. Cette machine donne environ un coup de marteau par seconde. Pour la construction ou la réparation des navires, la machine est maintenue sur les flancs du bâtiment par de forts électro-aimants.

ROBINET ÉLECTRIQUE. — M. Cabanellas a donné ce nom à deux machines d'induction montées sur un même axe, parce que, si l'une reçoit un courant constant, elle fait tourner la seconde, qui produit un courant dont l'intensité est sans doute proportionnelle à celle du premier, mais peut varier cependant avec les dimensions des conducteurs. Il y a donc une analogie, assez lointaine à notre avis, avec les robinets hydrauliques branchés sur une conduite mère. (Voy. Transformateur.)

ROBINET ALLUME-GAZ. — Disposition électrique imaginée par M. Née pour l'allumage des becs de gaz (Voy. Allumoir). MM. Woodhouse et Rawson construisent des robinets analogues.

ROTATIONS ÉLECTRODYNAMIQUES ET ÉLECTROMAGNÉTIQUES. — Rotation d'un aimant sous l'action d'un courant, ou d'un courant sous l'action d'un autre courant ou d'un aimant.

Rotation d'un courant par un courant. — Deux courants ou un courant et un aimant exercent toujours l'un sur l'autre une action mécanique (Voy. Électrodynamique et Électromagnétisme), qui peut, à l'aide de dispositions convenables, produire une rotation continue de l'un des appareils.

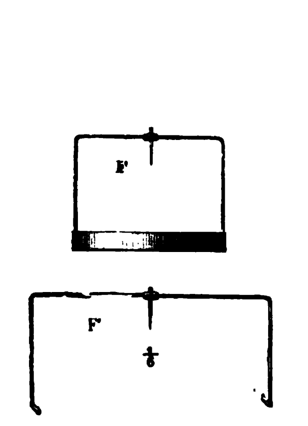




Fig. 835. — Courants mobiles horizontaux.

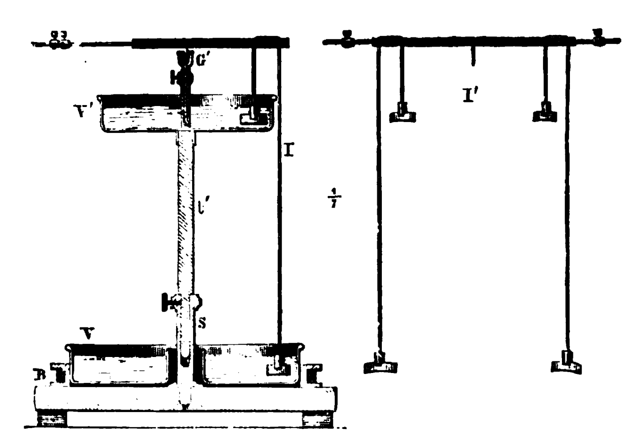


Fig. 836. — Rotation électrodynamique.

La rotation électrodynamique se montre par l'appareil représenté (fig. 274). On enlève le multiplicateur M et l'on fait passer le courant dans la bobine B en fermant l'interrupteur I; puis l'on remplace le courant mobile H par l'un des courants F ou F′ (fig. 835). La règle des courants angulaires permet de prévoir le sens de la rotation. Si le courant mobile est centripète et que le courant fixe de la bobine B tourne dans le sens des aiguilles d'une montre, la rotation se fera dans le même sens.

Pour montrer la rotation d'un courant vertical, on enlève la tige *t* et on la remplace par une colonne *t′* portant une seconde cuve V′, également remplie d'eau acidulée, et un godet de mercure G′ (fig. 836). On se sert d'un équipage mobile formé d'un fil vertical I, qui reçoit le courant par les deux cuves d'eau acidulée et, en fermant l'interrupteur I (fig. 274), on fait passer encore le courant dans la bobine annulaire B. L'équipage mobile I peut être remplacé par I′, qui est formé de deux courants parallèles et de même sens et est par suite astatique. Si le courant mobile est ascendant et que le cou-

rant fixe B tourne dans le sens des aiguilles d'une montre, la rotation se fera dans le même sens.

Rotation d'un courant par l'action de la terre. — Les mêmes appareils servent à montrer la rotation des courants sous l'action de la terre. On fait passer le courant seulement dans l'équipage mobile et l'on supprime le courant fixe en enlevant le fil positif de la borne 1 pour l'attacher à la borne 3. Le courant horizontal F' tourne encore dans le sens des aiguilles d'une montre s'il est centripète, en sens contraire s'il est centrifuge.

Rotation d'un courant par un aimant. — La rotation d'un courant sous [...] s'explique de la même ma[...] aimants équivalent à des [...]

Dans l'appareil (fig. 837, [...] le circuit mobile EF tourne [...] mant AB : le courant mont[...] redescend par les deux [...] une gouttière, remplie de [...] munique par la borne a [...] Si A est le pôle nord, la [...] le sens des aiguilles d'une [...] AB peut être remqlacé par [...] présenté à part.

Rotation d'un aimant par un [...] proquement un aimant peu[...] tion d'un courant. Ampère [...] l'appareil suivant : une [...] pleine de mercure commun[...] circonférence avec l'un des [...] dont l'autre est relié à une [...] plongeant au centre du [...] droit, lesté par un cylindre [...] dans le mercure, se met à [...]

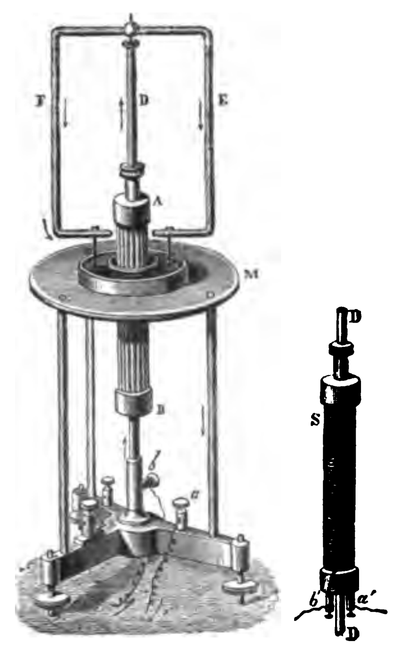


Fig. 837. — Appareil de Jamin.

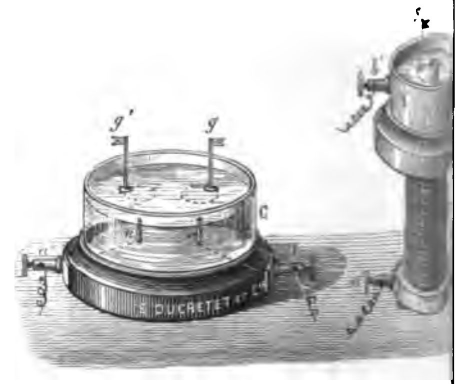


Fig. 838. — Rotation des liquides

autour de la pointe. En appliquant la règle des courants angulaires au solénoïde qui équivaut à l'aimant et aux courants qui rayonnent de la pointe vers la circonférence de l'éprouvette, on trouve facilement le sens de la rotation. La pointe centrale peut encore être plongée dans une petite cavité creusée au sommet de l'aimant et qu'on remplit de mercure : l'aimant tourne alors sur lui-même.

Il existe beaucoup d'autres appareils montrant les rotations des courants et des aimants, et qu'il serait trop long de décrire ici ; nous citerons seulement la roue de Barlow et le disque de Faraday (Voy Barlow).

Rotation électromagnétique des liquides et des gaz. — Un liquide traversé par [...] comporte comme un courant [...] aux actions électromagnéti[...] (fig. 838), dû à Bertin, permet [...] expérience très simple due à [...] gauche, remplie de mercure ou [...] sur l'électro-aimant E ; le cou[...] aux bornes *aa'*, est amené par [...] un peu au-dessous de la surfa[...] Celui-ci se soulève un peu au-[...] électrodes et se met à tourn[...] traires, comme le montrent les [...] On peut aussi, comme on le [...] placer sur l'électro-aimant une [...] remplie d'eau acidulée, qui pr[...]

uche, suivant la direction centrifuge du courant qui la traverse : l'aimantation de l'électro.
de La Rive, décrit plus haut (Voy. re la rotation électrique des gaz.
e Bréguet a réalisé une série d'apotation conduisant à la théorie de chines, notamment celles de Gramme ens. Ces expériences, qui ont été ns les *Annales de chimie et de physi*r 1879), sont résumées dans le *Traité d'Électricité* de Gordon.

N MAGNÉTIQUE DE LA LUMIÈRE. 1 du plan de polarisation de la us l'action d'un champ magnétique IR ROTATOIRE MAGNÉTIQUE).

magnétique de la lumière réflé-1 aimant. — Voy. PHÉNOMÈNE DE KERR.

ORRECTRICE. — Organe du téléghes qui corrige à chaque émission t le synchronisme du mouvement les types des deux appareils en com1.

ROUE DE BARLOW. — Voy. BARLOW (Roui

ROUE DE MASSON. — Voy. RHÉOTROPE.

ROUE DE NEEF. — Interrupteur ima par Neef et formé d'une roue munie de d

ROUE DES TYPES. — Organe des télé phes imprimeurs formé d'une roue, dont la conférence porte des *types* ou caractère relief servant à imprimer les dépêches.

ROUE ÉLECTRIQUE MUSICALE. — App imaginé par M. Carhart en 1883 et formé d roue en fer, percée de trous disposés en ce qui tourne entre un aimant en fer à cheva deux bobines placées en face des pôles, l'autre côté de la roue. Si l'une des bobine reliée avec un téléphone, on entend un son d tant plus intense que la roue tourne plus

ROUE PHONIQUE. — Appareil imaginé M. La Cour et employé dans le télégraphe n tiple de M. Delany et dans le sténo-télégra pour maintenir le synchronisme des appai en communication. (Voy. STÉNO-TÉLÉGRAPHE

RUHMKORFF (BOBINE DE). — Voy. Bo D'INDUCTION.

S

ELME (FEU). — Voy. FEU SAINT-ELME.

ATION MAGNÉTIQUE. — L'intensité tion n'augmente pas indéfini- la force magnétisante. Elle tend limite qu'elle ne peut dépasser : u est alors aimanté à saturation. yant des forces magnétisantes giques, on peut sursaturer un nais il perd son excès de magné-abord assez vite, puis de plus en ment, et revient peu à peu à son saturation normal.

ÉOPHONE. — Nous avons décrit t (Voy. ESSAYEUR DES TAPURES) une imaginée par le capitaine de ur la recherche des tapures des l'inventeur a depuis peu perfec- on appareil et lui a donné le nom ophone (σχίσις, fissure ; φωνή, voix). de rupture par exemple, qui sont chromé, trempé raide, présen-'intérieur des centres de tension ables ; par suite les molécules tendent arer et à laisser entre elles des vides appelés tapures. Des défauts analogues p vent se présenter dans les arbres de cou



Fig. 839. — Transmetteur du schiséophone.

des navires, les rails de chemins de fer, et Dans tous les cas, ces défauts peuvent déte

[redacted]

miner la rupture de la pièce et causer non seulement la perte de la pièce tapée, mais des retards ou des accidents graves. Le schiséophone

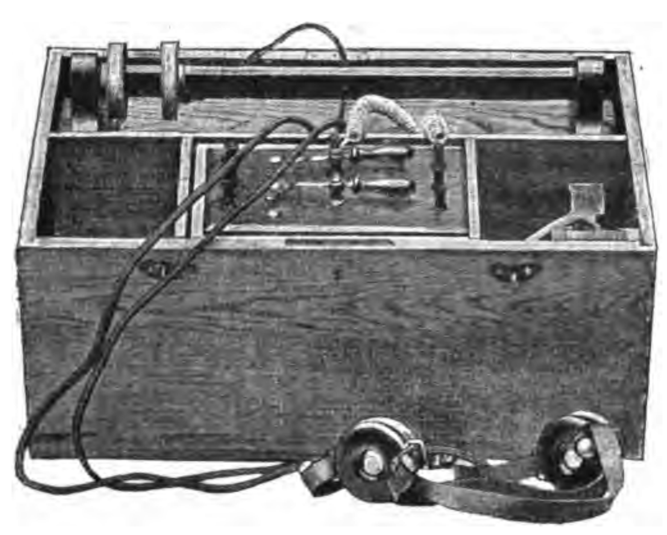


Fig. 840. — Schiséophone.

permet de reconnaître et de rejeter les pièces qui présentent des tapures.

Le schiséophone destiné aux obus se compose essentiellement d'un microphone circulaire, de construction et de forme spéciales, au centre duquel est un frappeur, animé par un mécanisme très simple, non figuré, d'un mouvement alternatif de va-et-vient (fig. 839). Ce microphone est en circuit avec une pile et une bobine inductrice, placées dans un autre local. La bobine est au zéro d'une règle divisée, sur laquelle glisse une bobine induite, communiquant avec deux téléphones munis d'une jugulaire-têtière, qui permet de les fixer sur la tête. Un aide promène le téléphone et son frappeur à la surface de l'obus. L'officier chargé de la vérification se place dans le local qui contient les bobines et prend les téléphones, puis il éloigne peu à peu la bobine induite du zéro jusqu'à ce que le son devienne très faible. L'intensité reste sensiblement constante tant que le frappeur rencontre des parties pleines; mais, s'il vient à frapper sur une partie creuse, la cavité intérieure forme caisse de résonance et le son perçu devient plus intense.

La figure 840 montre les divers organes du schiséophone, la règle divisée et ses bobines, les téléphones. La pile est formée de six éléments de Place à la *mélasine*, montés par trois en tension; chacun des deux groupes sert alternativement pendant un quart d'heure, pour éviter la polarisation.

Des expériences récentes faites sur des rails à Ermont, au dépôt du matériel de la Compagnie du chemin de fer du Nord, ont parfaitement réussi. En brisant au mouton les rails indiqués comme défectueux par l'appareil, on a trouvé en tous les points marqués des fissures plus ou moins importantes.

SCIE ÉLECTRIQUE. — L'*Électro-Dynamo-Company* de Philadelphie a construit, pour les usages de la chirurgie, une scie circulaire mue par l'électricité, et qui coupe en trente secondes les os les plus gros.

Elle se compose d'un manche métallique portant un très petit moteur dynamo Griscom, à électro-aimant cylindrique (fig. 841).

Ce moteur, lorsqu'il reçoit un courant, met en mouvement une scie circulaire S dont la partie supérieure est enveloppée d'un tambour T, qui protège les

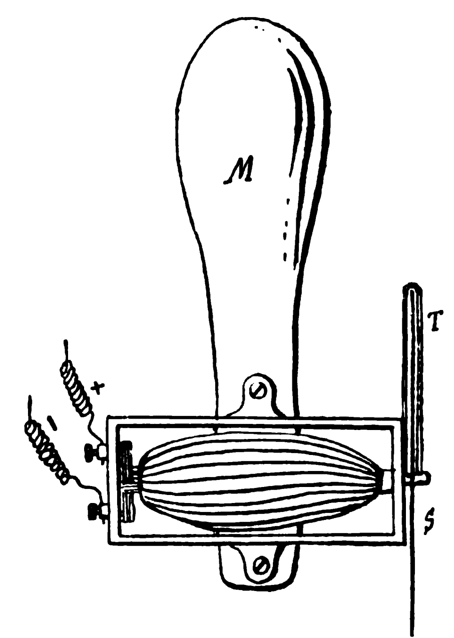


Fig. 841. — Scie chirurgicale.

doigts de l'opérateur. L'appareil se prête également bien à la trépanation, en remplaçant la scie par un trépan.

SECOHMMÈTRE. — Instrument employé par MM. Ayrton et Perry pour mesurer le coefficient de self-induction.

SECONDAIRE (Pile). — Voy. Pile et Accumulateur.

SECOUSSE ÉLECTRIQUE. — Effet produit sur l'homme et sur les animaux par une brusque variation de potentiel.

SECTION RÉDUITE. — On peut rapporter les résistances de divers conducteurs à celle d'un fil type, formé d'une substance déterminée, de longueur 1. La section ω qu'il faut donner à ce fil pour qu'il ait la même résistance que le conducteur donné est la *section réduite* de celui-ci. Si k est le rapport des résistances des deux fils, l et s la longueur et la section du fil donné, on a :

$$k\frac{l}{s}=\frac{1}{\omega}.$$

SÉLÉNIUM (Variation de résistance du). — Le sélénium est très mauvais conducteur. Sa résistance est environ $3,8 \times 10^{10}$ fois plus grande que celle du cuivre. Elle décroît jusqu'au point de fusion, puis augmente brusquement lorsqu'il passe à l'état liquide.

MM. W. Smith et May constatèrent, en 1873, que la résistance du sélénium était plus faible à la lumière que dans l'obscurité. M. Adams a trouvé, en 1876, que le changement dans la résistance du sélénium est proportionnel à la racine carrée du pouvoir éclairant. MM. Adams et Day ont indiqué la même année les résultats suivants.

La résistance d'un barreau de sélénium n'est pas la même dans toutes les directions; elle diminue quand la puissance de la pile augmente. Si le premier courant lancé dans le sélénium est énergique, il provoque un *arrangement* permanent des molécules, de sorte que, dans les expériences suivantes, le barreau est plus résistant pour les courants de même sens que pour ceux de sens contraire. Le passage du courant semble donc produire dans le sélénium une polarisation analogue à celle des électrolytes; et, en effet, en enlevant la pile et reliant ensuite le sélénium seul avec un galvanomètre, on obtient une déviation.

Le sélénium recuit est généralement sensible à la lumière, dont l'action établit entre les molécules une différence de potentiel qui peut, dans certaines conditions, produire un courant électrique. Sa sensibilité est variable aux divers points d'un même fragment. En général, le courant va de la partie la moins éclairée à la partie la plus éclairée.

Si l'on fait passer un courant faible dans un morceau de sélénium peu résistant, placé dans l'obscurité, et qu'on projette la lumière sur ce corps, elle contrarie le passage du courant si elle tombe près de l'électrode positive, elle favorise son passage si elle éclaire la partie voisine de l'électrode négative.

Avec des fragments de sélénium très résistants, la lumière favorise toujours le passage du courant.

Il semble résulter des expériences précédentes que la lumière agit en favorisant la cristallisation lente du sélénium. Ce corps est en effet plus conducteur à l'état cristallin qu'à l'état amorphe.

MM. Bell et Tainter ont étudié les propriétés du sélénium à l'aide du téléphone. Un rayon lumineux, intercepté un grand nombre de fois par seconde, tombe sur un crayon de sélénium S (fig. 842) placé dans le circuit d'une pile P et

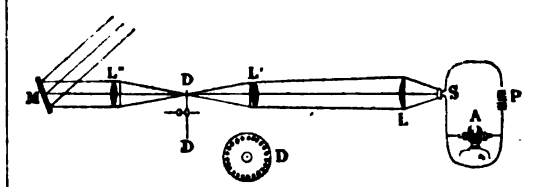


Fig. 842. — Expériences de MM. Bell et Tainter.

d'un téléphone A. Chaque rayon qui vient frapper le sélénium diminue sa résistance et augmente l'intensité du courant. S'il y a par exemple 435 interruptions par seconde, le téléphone exécutera 435 vibrations doubles et l'observateur A entendra le *la* normal. On peut donc transmettre ainsi les sons musicaux. La lumière solaire, réfléchie par le miroir M d'un héliostat, est concentrée par la lentille L'' sur la roue DD, représentée à part, qui est percée de trous disposés en cercle. Une autre lentille L' rend le faisceau lumineux parallèle, afin de le projeter, avec le moins de perte possible, sur la lentille L, placée à la station d'arrivée. Cette lentille le projette à son tour sur le sélénium S. On peut employer aussi l'arc voltaïque : le miroir M est alors remplacé par un miroir parabolique. Avec la lumière solaire, M. Bell a pu transmettre à plus de 2 kilomètres. C'est là le principe du photophone (Voy. ce mot), à l'aide duquel MM. Bell et Tainter ont pu transmettre la parole sans l'emploi de fils conducteurs.

SELF-INDUCTION. — Induction produite par un courant dans son propre circuit au moment de la fermeture ou de l'ouverture, ou lorsqu'il subit une brusque variation d'intensité. Les

courants induits qui prennent naissance dans ces conditions sont appelés *extra-courants* (Voy. INDUCTION). L'effet est surtout marqué dans les circuits qui renferment des électro-aimants ou des bobines.

Coefficient de self-induction. — On donne ce nom à la valeur du flux qui traverse le circuit lorsque l'intensité du courant est égale à l'unité.

Mesure du coefficient de self-induction. — On peut se servir du pont de Wheatstone. Soient a, a', b, b' les quatre branches du pont. On place les deux bobines à comparer dans les branches a et a'. Si L et L' sont leurs coefficients, les autres branches étant supposées sans induction, on a :

$$\frac{L}{L'}=\frac{a}{a'}=\frac{b}{b'}.$$

On place deux boîtes de résistances sans induction l'une sur l'une des branches $a\ a'$, l'autre sur l'une des branches $b\ b'$. On réalise d'abord l'équilibre pour les courants permanents. puis on annule l'effet des extra-courants, Comme les deux phénomènes ne sont pas indépendants, il faut un certain nombre de tâtonnements pour arriver à l'équilibre final.

Self-induction propre d'un métal. — Syn. d'INERTIE ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE.

SÉMAPHORE. — Appareil servant à transmettre des signaux optiques.

ÉLECTRO-SÉMAPHORE. — Appareil servant à l'application du block-system (Voy ce mot).

SENSIBILITÉ. — La sensibilité d'un appareil est une qualité variable et difficile à définir nettement. Dans les galvanomètres et les boussoles, la déviation α est fonction de l'intensité i. Lorsque l'intensité subit une petite variation di, la déviation varie de $d\alpha$. La sensibilité augmente avec $d\alpha$ ou bien avec $\frac{d\alpha}{di}$. On doit donc chercher à rendre maximum la dérivée de α par rapport à i. C'est là la *sensibilité absolue*.

Ainsi, dans la boussole des tangentes, on a

$$i=\frac{H}{G}\operatorname{tg}\alpha=\frac{Ha}{2\pi n}\operatorname{tg}\alpha$$

H étant la composante horizontale du champ terrestre, n le nombre des spires du fil, a le rayon du cercle. La sensibilité est

$$\frac{d\alpha}{di}=\frac{2\pi n}{Ha}\cos^2\alpha$$

Il faut donc, pour l'augmenter, accroître n et diminuer a; mais la première condition augmente la résistance, et la seconde change la théorie de l'instrument. On voit de plus que, parmi toutes les valeurs de α, c'est la valeur $\alpha=0$ qui donne la sensibilité maximum. Cette condition est également vraie pour tous les galvanomètres. De là l'avantage des méthodes de mesure par réduction au zéro.

La *sensibilité relative* est d'autant plus grande que $d\alpha$ est plus considérable pour une valeur donnée de $\frac{di}{i}$. Elle est donc égale à $i\frac{d\alpha}{di}$. Pour la boussole des tangentes, c'est $\operatorname{tg}\alpha\cos^2\alpha$ ou $\frac{1}{2}\sin 2\alpha$.

SENSITIF (État). — Voy. ÉTAT SENSITIF.

SENSOPHONE. — Appareil télégraphique usité en Amérique, servant de *sounder* ou de récepteur phonique.

SÉPARATEUR MAGNÉTIQUE. — Voy. ÉLECTRO-TRIEUSE.

SÉRIE (Montage en). — Mode d'accouplement des piles et des machines. (Voy. COUPLAGE.)

SÉRIE DYNAMO. — Machine dynamo-électrique dont les inducteurs sont excités en série.

SÉRIE THERMO-ÉLECTRIQUE. — Liste de métaux placés dans un ordre tel que, si l'on forme un couple thermo-électrique avec deux d'entre eux, celui qui est le premier sur la liste soit le pôle négatif, et le second le pôle positif. Chaque métal de cette liste est donc positif par rapport à ceux qui le suivent, et négatif par rapport à ceux qui le précèdent.

Bismuth,	Plomb,
Nickel,	Cuivre,
Platine,	Or,
Palladium,	Zinc,
Cobalt,	Fer,
Manganèse,	Arsenic,
Argent,	Antimoine.
Étain,	

SERRE-FIL. — Petite pièce métallique servant à réunir ensemble les extrémités de deux fils conducteurs. Les fils sont introduits soit dans un trou percé de part en part, soit dans deux trous distincts, et serrés par des vis

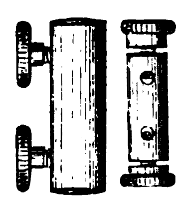


Fig. 843. — Serre-fils.

(fig. 843); la seconde disposition permet encore de les fixer sous la tête des vis.

SERRE-NŒUD. — Cautère galvanique servant à l'ablation de certaines tumeurs, etc.

SERRURE ÉLECTRIQUE. — Serrure dont le pêne ou la gâche sont commandés par un électro-aimant. Le plus souvent, c'est la gâche qu'on rend électro-magnétique, car cette disposition n'exige pas un effort aussi grand. L'électro-aimant agit par l'intermédiaire d'un ressort spiral. Quand la porte se referme, un buttoir adapté au montant réenclenche le ressort sur l'armature.

SHUNT. — Mot anglais employé fréquemment comme synonyme de dérivation. En particulier, on donne ce nom à un appareil qui sert à établir une dérivation sur les bornes d'un galvanomètre (Voy. ce mot), afin de faire varier sa sensibilité. C'est une sorte de boîte de résistances renfermant trois bobines, dont les résistances sont respectivement $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{99}$, $\frac{1}{999}$ de celle du galvanomètre. La figure 844 montre l'aspect extérieur et la disposition schématique de cet appareil. Les bandes *a* et *d* représentent les deux blocs qui portent les bornes d'attache de

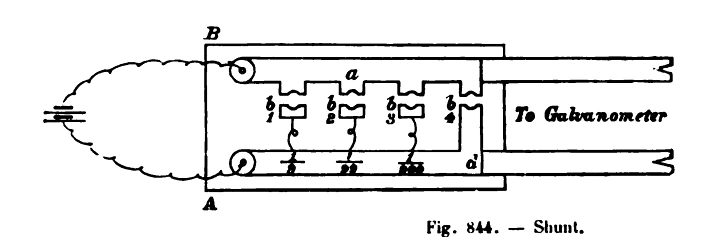




Fig. 844. — Shunt.

la pile et du galvanomètre. Les trois bobines sont reliées d'une part au bloc *d*, de l'autre à trois blocs isolés b_1, b_2, b_3. En réunissant par une fiche l'un de ces trois blocs à la bande *a*, on met en dérivation la bobine correspondante et le galvanomètre ne reçoit que $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{1000}$ du courant total. Si l'on place la fiche devant le plot b_4, l'instrument est mis en court circuit; il reçoit au contraire le courant tout entier, si l'on débouche tous les trous.

SHUNT-DYNAMO. — Machine dynamo-électrique dont les inducteurs sont excités en dérivation.

SHUNTER. — Établir un shunt ou dérivation entre les bornes d'un galvanomètre ou d'un appareil quelconque. On peut même shunter une source d'électricité, afin d'envoyer dans les appareils seulement une partie du courant.

SHUNTMETER. — Appareil en usage dans les usines de câbles sous-marins et formé de deux règles graduées, dont la manœuvre donne, sans calcul, les résultats des formules relatives aux courants dérivés.

SIDÉROMAGNÉTIQUE. — Syn. de MAGNÉTIQUE ou PARAMAGNÉTIQUE.

SIDÉROSCOPE. — Appareil imaginé en 1828 par Lebaillif pour l'étude des corps magnétiques. Il est formé d'une aiguille aimantée portée par un brin de paille suspendu à l'extrémité d'un fil de cocon.

SIFFLEMENT DE L'ARC VOLTAIQUE. — Lorsqu'un circuit renferme un seul arc voltaïque, il ne se produit aucun bruit; mais si l'on allume ensuite, dans ce circuit, un ou plusieurs autres régulateurs, chaque nouvel allumage est accompagné d'un sifflement qui dure quelques instants, mais dont l'intensité va en décroissant avec le nombre des lampes déjà allumées. M. Gimé a reconnu que ce sifflement est dû à la diminution brusque de la différence de potentiel; son intensité est proportionnelle à cette diminution, et il dure jusqu'à ce que la force électromotrice ait repris sa première valeur.

SIFFLET ÉLECTRO-AUTOMOTEUR. — Appareil imaginé par MM. Lartigue, Forest et Digney, pour avertir automatiquement un train de chemin de fer qui franchit sans s'en apercevoir, par exemple en temps de brouillard, un disque mis à l'arrêt.

C'est un sifflet placé sur la machine, et dont la valve V est fixée au levier A, mobile autour du point O, de sorte qu'elle s'ouvre par l'abaissement de ce levier, qui est articulé avec une tige BC portant une palette D (fig. 845). En

temps normal, cette palette adhère, malgré l'action du ressort antagoniste R, à l'électro-aimant de Hughes E qui n'est parcouru par aucun courant. Mais, si le train franchit un disque à l'arrêt, un courant de sens convenable est lancé dans l'électro-aimant, qu'il ramène à l'état neutre : la palette D retombe sous l'action du ressort R, entraînant le levier A, et la valve V s'ouvre. Le sifflet se fait entendre jusqu'à ce que le mécanicien, en appuyant sur le levier F, ait ramené les pièces A et D à leur première position.

Pour obtenir ce résultat, le fil de l'électro-aimant E communique d'une part avec la terre, par la masse de la locomotive, de l'autre avec une brosse métallique isolée, fixée à la partie inférieure du cendrier. Un contact fixe ou *crocodile* (voy. ce mot) est placé dans l'axe de la voie. En mettant le disque à l'arrêt, on fait tourner un commutateur, qui relie le crocodile avec le pôle positif d'une pile dont l'autre pôle est à la terre. Si un train vient à passer, le contact de la brosse métallique avec le crocodile ferme le circuit et le sifflet se fait entendre.

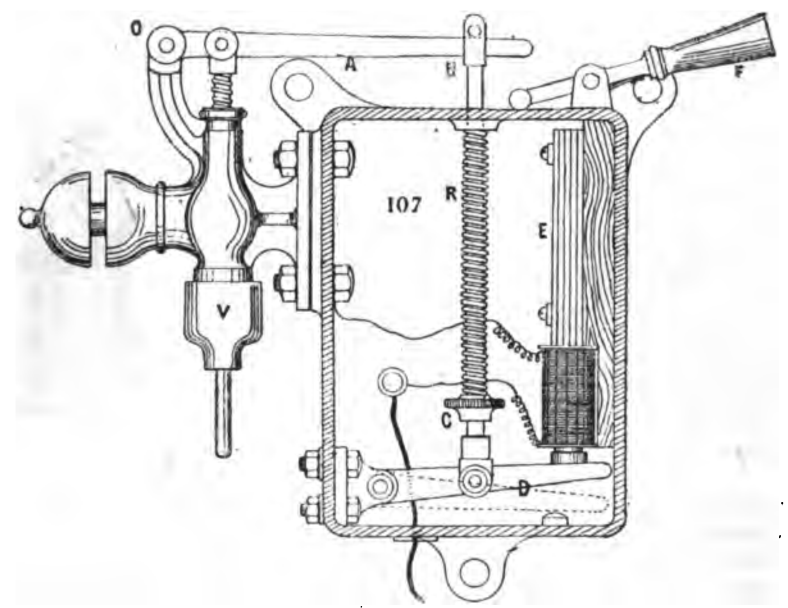


Fig. 845. — Sifflet électro-automoteur.

Le sifflet électro-automoteur, étant placé sur la locomotive, peut fonctionner à une distance quelconque en avant du disque à protéger. De plus il n'est pas sujet, comme d'autres appareils destinés au même but, à être mis hors de service par les chocs répétés, le contact s'établissant seulement par le frottement de la brosse métallique sur le crocodile.

Le sifflet électro-automoteur a été employé par le chemin de fer du Nord, mais, cette Compagnie ayant adopté dans la suite le frein continu à vide, il a été remplacé sur toutes les machines munies d'un injecteur par un appareil de déclenchement, appliqué à la manœuvre du frein à vide avec ou sans la participation des agents du train.

Enfin la disposition précédente a été perfectionnée par M. Sartiaux, dans le but d'avertir le chef d'une gare de fermer le disque qui la couvre, lorsqu'il vient d'être franchi par un train. Voy. AVERTISSEUR DE GARE.

SIGNAL ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE. — On donne ce nom à un certain nombre de chronographes électriques.

Le signal de M. Marcel Deprez est formé d'un électro-aimant en U qui, au moment où le courant passe, attire une palette de fer doux portant le style inscripteur (fig. 846). Dès que le circuit est rompu, un ressort antagoniste relève la palette.

M. Deprez a perfectionné ce petit appareil pour faire disparaître les influences qui s'opposent à l'instantanéité de la transmission. Le nouveau dispositif se compose de deux électro-aimants droits et verticaux, mais non sur le prolongement l'un de l'autre. Entre les électros est placée une lame de fer plate, qui leur sert d'armature et peut tourner autour d'un axe horizontal, auquel est fixé le style

inscripteur. L'armature est maintenue horizontale par un ressort. Quand le courant passe dans les électros, elle se précipite vers les pôles, entraînant le style, qui vient s'appuyer sur le cylindre tournant. Les noyaux des électro-aimants sont des lames de fer méplates d'une faible masse, et le fil ne fait qu'un petit nombre de tours. Il suffit de fermer le courant

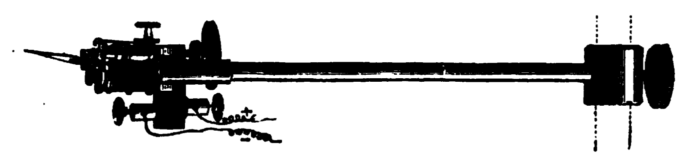


Fig. 846. — Signal électrique Marcel Deprez.

pendant $\frac{1}{40\,000}$ de seconde pour actionner le style, et l'effet se produit avec un retard qui ne dépasse pas $\frac{1}{1000}$ de seconde. Ce petit instrument est donc très sensible ; on voit de plus qu'il est disposé de manière à éviter les inconvénients qui résultent du retard inégal de l'aimantation et de la désaimantation et qu'on trouve dans la plupart des électro-aimants. Cet appareil a reçu plusieurs formes différentes.

SIGNAUX ÉLECTRIQUES. — La lumière électrique peut être employée avantageusement pour les signaux de toute espèce. Nous en citerons quelques exemples.

Signaux par ballons captifs. — M. Bruce a imaginé un système de signaux optiques pour la télégraphie, qui a été expérimenté en Belgique en 1887. Un ballon captif, d'une étoffe suffisamment translucide, contenait 6 lampes à incandescence de 20 bougies, disposées sur une tringle qui le traversait de haut en bas. Ces lampes pouvaient recevoir le courant d'une batterie d'accumulateurs par deux fils de cuivre contenus dans le câble qui retenait le ballon. A l'aide de cette disposition, on reproduisait les signaux de l'alphabet Morse en lançant le courant plus ou moins longtemps dans les lampes ; on se servait pour cela d'une clef de Morse. On fit une autre série d'expériences en suspendant les lampes en cercle au-dessous du ballon. Dans les deux séries, les signaux étaient parfaitement compréhensibles à 3 kilomètres.

Signaux électriques de nuit pour la marine. — Les navires pourvus d'une installation d'éclairage électrique emploient également cette lumière pour produire les signaux réglementaires de nuit.

Ces signaux s'obtiennent dans la marine française à l'aide de dix fanaux, hissés sur une vergue, presque parallèlement à la mâture, et divisés en deux groupes, l'un supérieur, l'autre inférieur. La plupart des autres pays emploient un système de télégraphie optique, formé de signaux analogues à ceux de Morse et obtenus à l'aide d'un fanal, qu'on démasque pendant un temps plus ou moins long. Le système français est plus rapide et plus facile à contrôler.

Sur le *Richelieu*, dont nous avons décrit page 223 l'installation, 10 lampes de 30 bougies, semblables à celles des feux de route, se placent dans des fanaux ordinaires et sont mises en communication avec le manipulateur, placé dans le kiosque de la Majorité. Ce manipulateur est formé d'une boîte de bois portant 10 commutateurs à bouton, correspondant à chacune des lampes, et autant d'orifices garnis de verres dépolis. Un commutateur général sert à ouvrir et fermer le circuit total. On prépare d'abord le signal en tournant les boutons relatifs aux lampes qu'on veut allumer, puis on ferme le circuit à l'aide du commutateur général, et le signal apparaît. En même temps une disposition ingénieuse reproduit le schéma du signal sur le manipulateur même, afin d'éviter les erreurs. Ce résultat est obtenu par une lampe à incandescence qui reste toujours allumée dans l'intérieur de la boîte et qui éclaire les verres dépolis correspondant aux commutateurs individuels que l'on a tournés. Il suffit d'ouvrir ensuite le commutateur général pour effacer complètement le signal et remettre en place tous les commutateurs individuels.

Le *Hoche*, dont l'installation est toute récente, possède une disposition analogue. Les commutateurs individuels se composent de touches que l'on abaisse pour former le signal. Le commutateur général ferme le circuit par un mouvement en arrière ; un mouvement en avant sert à le rompre et relève toutes les touches primitivement abaissées. Des ampoules à filament de platine, intercalées sur les circuits des lampes, donnent le schéma du signal. Un avertisseur d'extinction est joint à ce dispositif : le

circuit de chaque lampe comprend un électro-aimant, qui, si elle vient à s'éteindre, abandonne son armature. Celle-ci ferme une dérivation, dont le courant allume une lampe de 32 bougies et fait tinter une sonnerie. La lampe et la sonnerie sont les mêmes pour toutes les lampes, mais l'ampoule éteinte indique le feu dont le circuit est rompu.

M. de Méritens a combiné un système qui permet d'employer les signaux électriques soit sur un navire à voiles, soit sur un vapeur en station qui n'a pas un générateur en pression. Pour cela, le courant est produit par une petite machine magnéto-électrique, réduction du modèle des phares. Cette machine est munie d'un plateau *permutateur* portant huit bouchons à vis, que l'on peut placer de manière à grouper à volonté toutes les bobines de l'anneau en quantité pour les signaux français, ou bien moitié en tension et moitié en quantité pour les signaux Morse. Quatre hommes, agissant sur deux manivelles, donnent facilement la vitesse normale, qui est de 50 tours par minute.

Le manipulateur (fig. 847) est analogue aux précédents. Il porte 12 bornes et 12 touches. La première borne à droite reçoit le courant de la machine; les dix suivantes vont aux dix lampes et la dernière reçoit le fil commun de retour des lampes et celui de la machine. Les dix boutons du milieu sont les commutateurs individuels des lampes, et servent à composer le signal, qu'on allume ensuite à l'aide du bouton de droite et qu'on éteint avec celui de gauche. Pour le système Morse, on fait usage d'un interrupteur semblable à un gros bouton de sonnerie. Cet appareil, essayé en 1882, est en usage aujourd'hui dans la marine française.

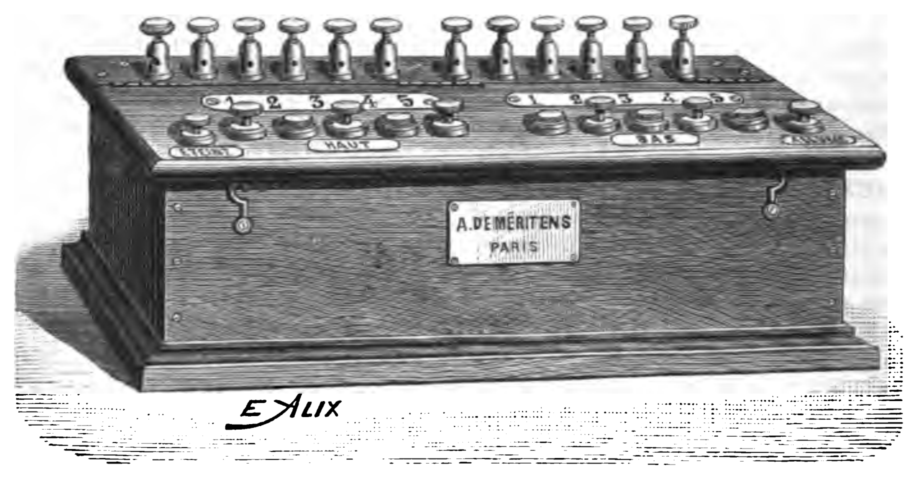


Fig. 847. — Manipulateur pour signaux optiques.

SILURE OU MALAPTÉRURE. —Voy. POISSON ÉLECTRIQUE et ÉLECTROGÈNE.

SIMILITUDES (THÉORÈME DES). — Proposition indiquée par M. Marcel Deprez et dont voici l'énoncé.

Si deux systèmes électro-dynamiques géométriquement semblables, et dont le rapport de similitude est m, sont parcourus par des courants de même densité, les forces en deux points homologues sont dans le rapport m^4.

Cette proposition résulte immédiatement de la formule élémentaire d'Ampère, indiquée page 249.

SINUS (BOUSSOLE DES). — Voy. BOUSSOLE.

SIPHON POUR PILES. — L'emploi du siphon peut être commode pour vider et entretenir les éléments de piles sans avoir besoin de les déplacer. M. Radiguet a imaginé pour cet usage un siphon très simple (fig. 848). La petite branche de cet appareil est entourée d'un tube plus large avec lequel elle communique librement à la partie inférieure. Le haut du tube large reçoit un caoutchouc se terminant par une poire à deux soupapes. Pour amorcer le siphon, on plonge la petite branche dans le liquide, qui s'y élève jusqu'au niveau extérieur, ainsi que dans le tube large. On souffle alors doucement dans celui-ci : le liquide est refoulé dans le vase extérieur; mais l'orifice inférieur, étant très étroit, lui livre un passage insuffisant; une partie s'élève donc dans la petite branche et amorce le siphon. Pour le désamorcer, on souffle rapidement trois ou quatre fois : l'air, ne trouvant

issue suffisante à la base, s'élève dans
n et le désamorce. L'appareil se fait en
our l'eau acidulée et le bichromate, en
pour les acides plus concentrés. On
ler la longueur des branches pour vider
s seulement en partie.

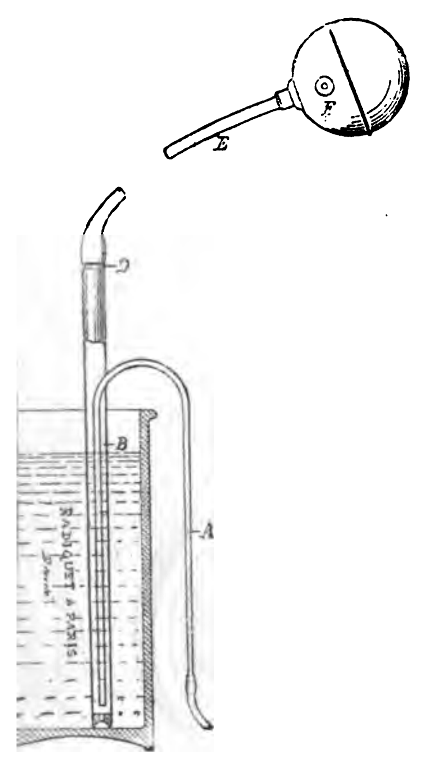


Fig. 848. — Siphon Radiguet.

s avons employé avantageusement pour
ne usage une disposition bien connue et
hacun peut installer facilement. Une
vette à gaz un peu grande est munie d'un
ouchon traversé par deux tubes. L'un de
bes, assez court, forme la petite branche
hon : il se termine dans l'intérieur par
ointe un peu étroite qui s'avance jusqu'au
de l'éprouvette. L'autre tube au con-
affleure le bouchon à l'intérieur ; il est
long et porte un robinet à la sortie du
ion ; c'est la grande branche. L'éprouvette
aux deux tiers remplie d'eau ou du liquide
isvaser, on plonge la petite branche dans
e qu'on veut vider, et l'on ouvre le robi-
le siphon est amorcé. Si l'on veut vider
eurs éléments de suite, on ferme le robi-
lès qu'un vase est vide et l'on plonge la
branche dans le suivant. En prenant cette
ution, le siphon ne se désamorce pas et
peut servir pour cinq ou six couples, ou même davantage, suivant la grandeur de l'éprouvette.

Enfin certaines piles sont munies de siphons permanents, qui font passer le liquide d'un couple dans le suivant (Voy. Piles a écoulement).

SIPHON RECORDER. — Récepteur pour la télégraphie sous-marine inventé par sir W. Thomson pour remplacer le galvanomètre à miroir.

Le siphon recorder a l'avantage d'enregistrer les dépêches en signes analogues à ceux de l'alphabet Morse et de ne pas fatiguer la vue des employés.

Il était à craindre que le frottement d'un style sur le papier gênât la transmission ou l'arrêtât même complètement. Sir Thomson a évité cet inconvénient en employant, au lieu de style, un petit siphon capillaire qui lance sur la bande de papier un filet d'encre très fin.

Cet appareil se compose de deux électro-aimants EE très puissants, entre lesquels est suspendu, par deux fils de cocon parallèles, un cadre très léger analogue à un cadre de galvanomètre, et recouvert d'un grand nombre de tours de fil très fin. Dans l'intérieur est placé un noyau de fer doux fixe, qui renforce le champ ; le cadre peut tourner librement sans toucher le noyau ni les électros (fig. 849).

La suspension bifilaire maintient le cadre parallèle à la ligne des pôles des électros lorsqu'il n'est parcouru par aucun courant. Lorsqu'il reçoit au contraire un courant, positif ou négatif, il est dévié d'un côté ou de l'autre et il entraîne un petit siphon, qui est fixé sur lui et sert à enregistrer les signaux. Ce siphon est formé d'un petit tube de verre deux fois recourbé, dont la petite branche plonge dans un réservoir rempli d'une encre très fluide, tandis que l'autre, étirée en pointe fine, se déplace au-dessus d'une bande de papier, perpendiculairement à sa longueur. L'encre est électrisée, et le papier communique avec le sol ; il jaillit sans cesse à la pointe du siphon de petites étincelles qui entraînent l'encre et forment un trait continu sur le papier. Si le cadre est immobile, le trait est une droite qui coïncide avec l'axe de la bande ; les déviations à droite ou à gauche produisent des sinuosités d'un côté ou de l'autre, qui correspondent les unes aux points, les autres aux traits de l'alphabet Morse.

L'électrisation de l'encre est due à une petite machine électrique analogue au *Replenisher* (Voy. Électromètre), représentée en M, et qui

reçoit le mouvement d'un petit moteur électrique servant aussi à entraîner la bande de papier enroulée sur le rouet R. La machine électrique est désignée en France sous le nom de *moulin électrique*, en Angleterre sous le nom de *mouse-mill*. Le nombre des induits de cette machine est plus grand que dans le replenisher ; ce sont dix armatures de fer doux disposées sur la surface latérale d'un disque d'ébonite.

Le siphon recorder donne un rendement de 25 mots à la minute.

Sur les lignes franco-algériennes, le moulin électrique est remplacé par un moteur à poids, et l'on a adopté un système de transmission automatique, en utilisant comme dans le Wheatstone des bandes perforées traversées par des aiguilles.

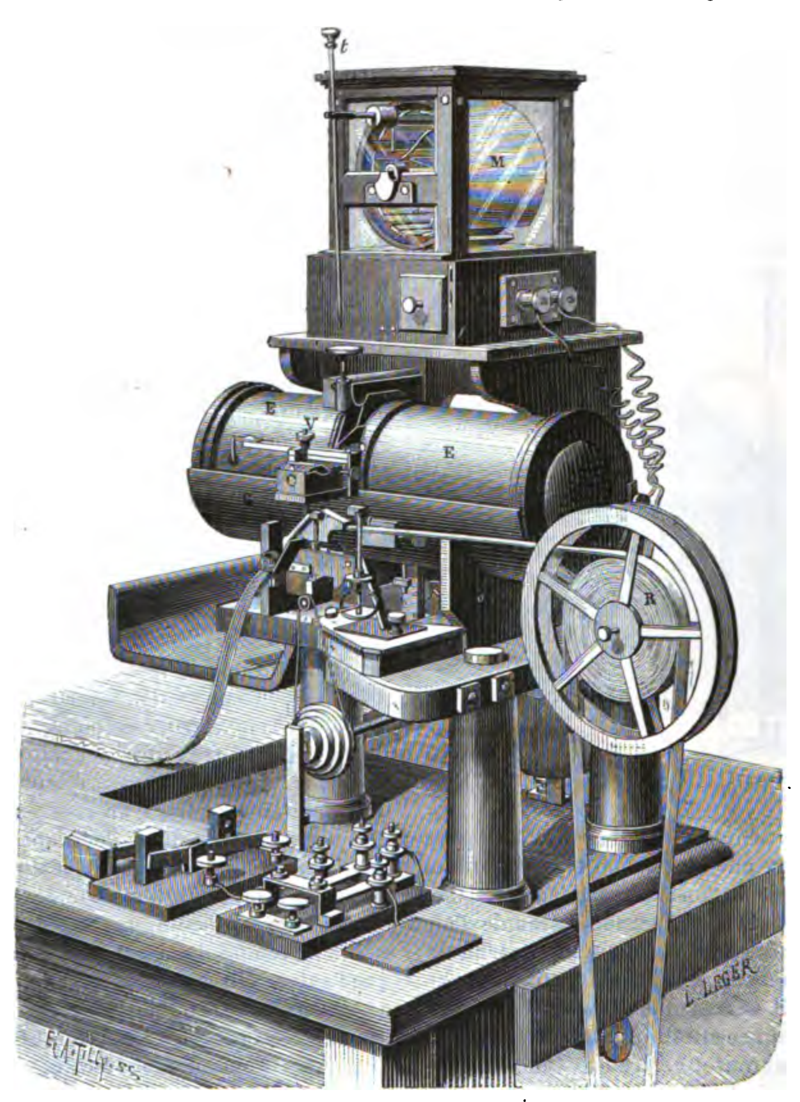


Fig. 849. — Siphon recorder.

SIRÈNE ÉLECTRIQUE. — On donne ce nom à divers appareils électriques destinés à produire des sons. La sirène de M. Trouvé (fig. 850) est destinée à être placée sur les bateaux électriques pour servir de signal.

Ce petit appareil se compose d'un électro-moteur D à quatre palettes, placé à l'intérieur d'une armature circulaire de fer doux A portant quatre saillies. Les palettes ssnt attirées par ces quatre saillies, lorsque le courant passe, et continuent leur mouvement par suite de la vitesse

acquise quand le courant est interrompu. Le courant arrive par le balai F et l'interrupteur E, placé à la partie inférieure de l'axe de rotation. Le moteur entraîne dans son mouvement un disque mobile C percé de trous et surmonté d'un disque fixe B dont les ouvertures sont pratiquées en sens contraire. L'appareil tout entier est logé au fond d'un pavillon destiné à renforcer le son, et qui est monté sur un pied articulé. Dès qu'on fait passer le courant, la rotation du disque mobile produit un son rauque, qui s'élève rapidement et se maintient à une note aiguë, stridente et très forte, facile à distinguer de tout autre signal.

La sirène de Froment est un petit appareil composé d'un électro-aimant dont l'armature vibre comme celle d'une sonnerie : le mouvement de cette armature produit un son dont on règle la hauteur et l'intensité à l'aide d'une vis.

La sirène de Weber est associée avec un téléphone. Un ressort frotte sur une roue dentée en cuivre, dont l'axe communique avec un téléphone et une pile, dont l'autre pôle est relié au ressort. Lorsqu'on tourne la roue, les interruptions produisent dans le téléphone un son dont la hauteur dépend du nombre des dents et de la vitesse. Si la résistance du circuit est grande, on peut employer une bobine d'induction comme avec les microphones. Le fil primaire de la bobine est intercalé dans le circuit de la pile à la place du téléphone, qui est placé dans le circuit induit.

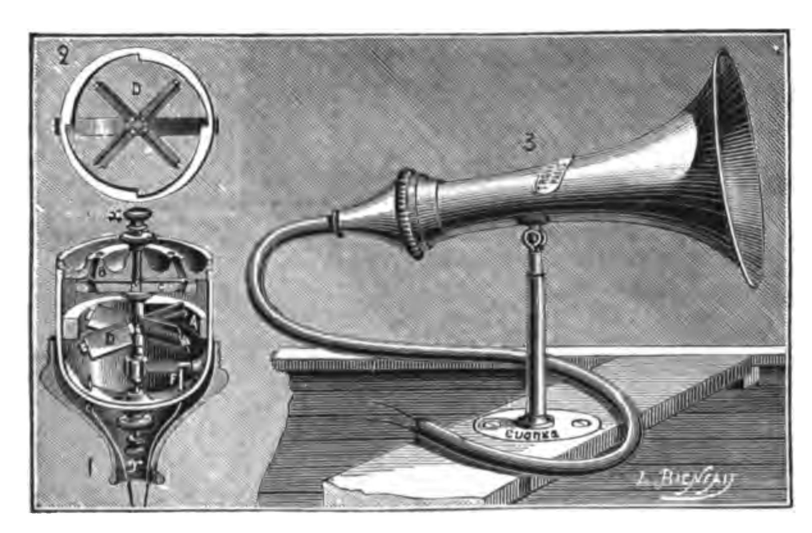


Fig. 850. — Sirène électrique : 1° Vue en coupe ; 2° Plan de l'électromoteur ; 3° Vue d'ensemble.

Piano-sirène. — M. Weber a construit sur le même principe un appareil qu'il nomme piano-sirène, et dont voici la description sommaire.

L'axe de la sirène porte des roues correspondant à tous les sons musicaux compris dans un intervalle de 6 à 7 octaves ; l'appareil tourne d'une manière uniforme. Ces roues sont reliées respectivement aux touches d'un clavier, qui sert d'interrupteur. Lorsqu'on appuie sur une touche, le son correspondant est entendu dans le téléphone. Les sons produits par cet instrument peuvent donc être entendus à une distance quelconque ; mais l'instrument est silencieux, et le pianiste lui-même ne peut les entendre qu'en faisant usage de téléphones.

SISMOGRAPHE ÉLECTRIQUE. — Enregistreur électrique inscrivant les secousses des tremblements de terre. Dans le sismographe de M. Palmieri, les mouvements verticaux du sol établissent un contact électrique ; les mouvements horizontaux font incliner des tubes en U pleins de mercure et placés dans la direction des points cardinaux. Les mouvements du liquide ferment d'autres circuits servant à produire l'enregistrement.

Les sismographes très sensibles sont désignés sous le nom de *microsismographes*. Le microsismographe de Rossi se compose de cinq pendules d'inégale longueur, reliés par de petits fils de soie, au milieu desquels est suspendu un petit poids soutenu au centre d'une cupule de mercure. Lorsqu'un choc se produit, le poids touche le mercure et établit un contact électrique, qui fait tracer un point sur un papier se déplaçant d'un mouvement continu. Cet appareil est très sensible, mais d'un réglage très

délicat. Lors du tremblement de terre du 23 février 1887, deux de ces instruments établis,

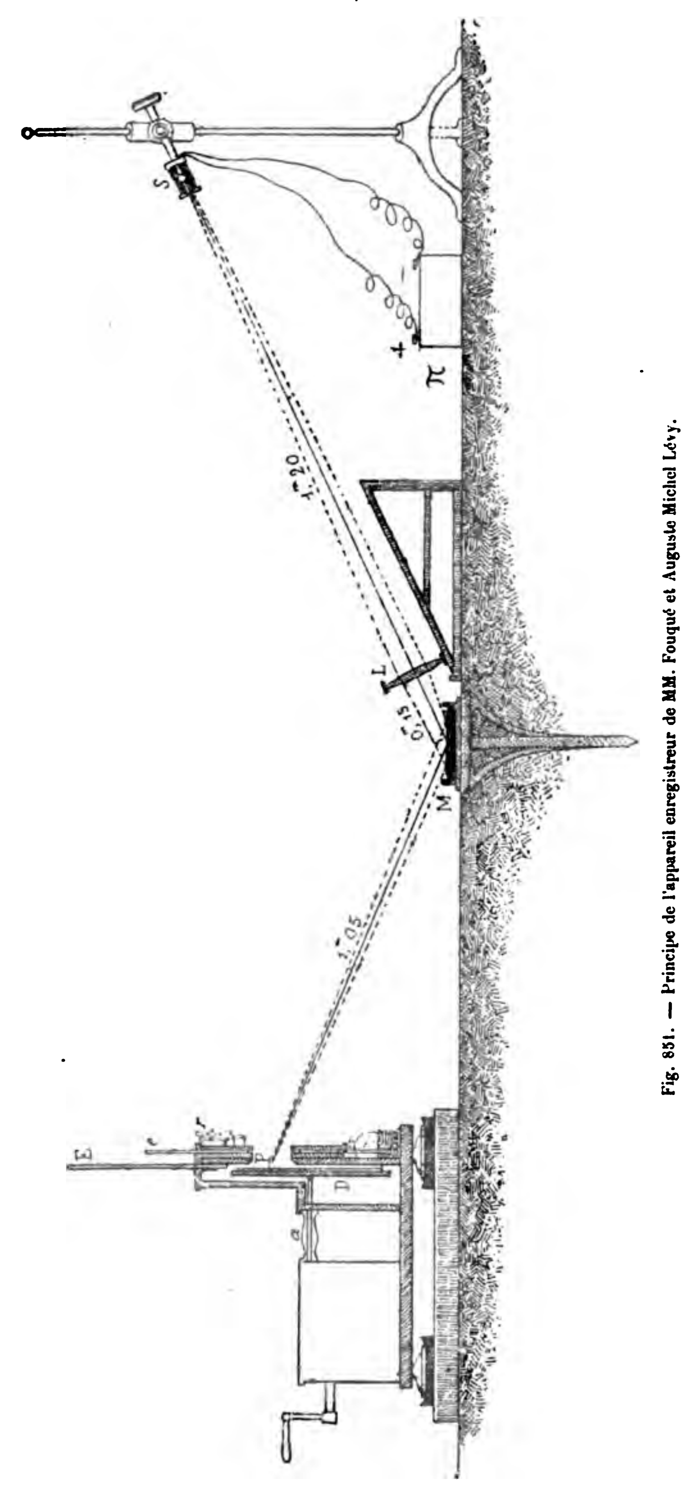


Fig. 851. — Principe de l'appareil enregistreur de MM. Fouqué et Auguste Michel Lévy.

l'un à l'Observatoire de San Luca, près de Bologne, l'autre à Rome, à l'Observatoire de

M. de Rossi, ont signalé la secousse principale, quoique le phénomène soit passé complètement inaperçu de la population à Rome.

Pour étudier la vitesse de propagation des mouvements du sol, MM. Fouqué et Michel Lévy ont employé un enregistreur photographique très simple. Une lampe à incandescence S, à filament rectiligne et vertical, alimentée par la pile π, est placée derrière un diaphragme (fig. 851). Les rayons lumineux qui traversent cet orifice tombent sur une lentille L, qui les concentre sur un bain de mercure M, placé dans un vase de fer. Les rayons réfléchis vont frapper à travers un petit orifice circulaire une plaque photographique P, placée dans une chambre noire et fixée sur un disque D, qu'un mouvement d'horlogerie fait tourner uniformément autour de l'axe horizontal *a*. Lorsque le sol est immobile, on trouve sur la plaque, au développement, un cercle d'épaisseur et d'intensité constante. Lorsqu'une secousse parvient à l'appareil, la surface du mercure se ride, et l'image s'élargit en une large pénombre, comme le montre la figure 852. Dans des expériences faites au Creusot, la secousse produite par le marteau pilon de 100 tonnes a pu être observée jusqu'à 1050 mètres.

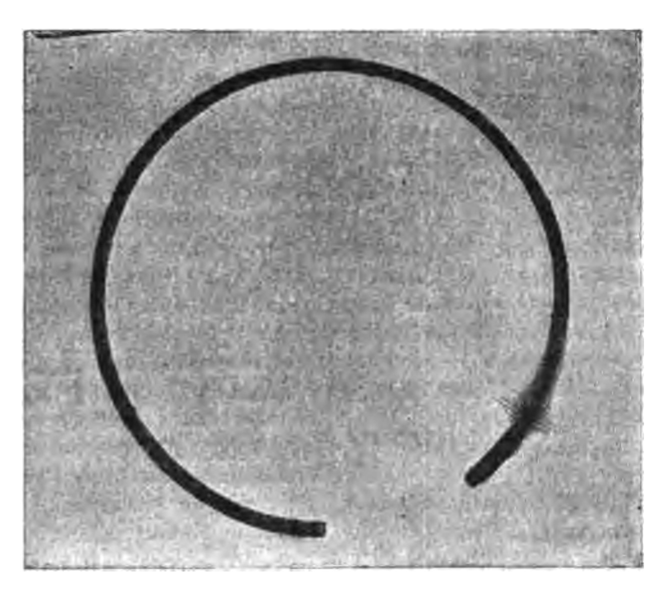


Fig. 852. — Schéma de l'image produite par une secousse.

SOLÉNOIDE ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE. — On appelle solénoïde ou cylindre électro-magnétique un système de courants circulaires égaux, parallèles et équidistants. Chacun de ces courants peut être remplacé par le feuillet de même contour (Voy. FEUILLET et ÉLECTRO-DYNAMIQUE), et par suite le système équivaut à un cylindre aimanté uniformément, ayant sur ses deux bases une densité magnétique $n\mathrm{I}$, et ayant pour moment $n\mathrm{IS}$, I étant l'intensité du courant et n le nombre des cercles par unité de longueur.

Pour réaliser un solénoïde, on enroule un fil en spirale sur un cylindre. D'après le principe des courants sinueux, chaque spire équivaut à un courant ayant les mêmes extrémités, par exemple un cercle et une partie rectiligne. On annule l'action des parties rectilignes en recourbant le fil aux deux bouts et le faisant re-

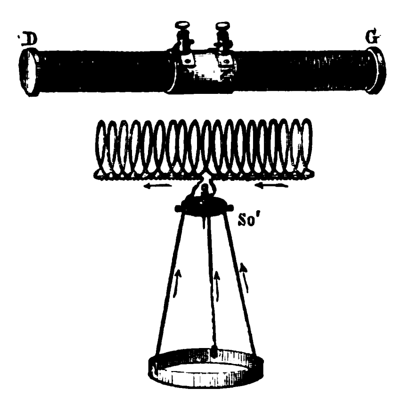


Fig. 853. — Solénoïdes.

venir sur lui-même parallèlement à l'axe du système (fig. 853).

Un solénoïde ainsi constitué se comporte comme un véritable aimant. Ainsi le solénoïde mobile, placé sur le support de la figure 274, s'oriente suivant le méridien magnétique, de sorte que le courant ait le pôle nord à sa gauche. Si l'on remplace le multiplicateur M par le solénoïde fixe, on voit que les pôles de nom contraire s'attirent et que les pôles de même nom se repoussent. Il en est encore de même si l'on fait agir un aimant sur le solénoïde mobile ou le solénoïde fixe sur une aiguille aimantée. L'appareil a donc bien toutes les propriétés d'un aimant.

Il y a cependant une différence essentielle : les pôles d'un solénoïde sont exactement sur les faces terminales, tandis que ceux d'un aimant sont à une certaine distance des extrémités.

On donne encore le nom de solénoïde à un système formé par des courants infiniment petits, ayant même surface et même intensité, et placés à des distances égales et infiniment petites, sur une courbe de forme quelconque, appelée directrice (Voy. Filet solénoïdal).

SON ÉLECTROLYTIQUE. — Sorte de bourdonnement qui accompagne l'électrolyse de certains liquides, lorsqu'on emploie des électrodes de mercure. La précipitation de certains métaux, et notamment de l'antimoine, donne un son analogue.

SON (LIRE AU). — Comprendre une dépêche Morse sans lire les caractères tracés sur le papier, en entendant seulement le son produit par le fonctionnement du récepteur. Dans certains pays, on n'emploie que des récepteurs simplifiés, appelés ***sounders***, et on lit les dépêches au son, sans les imprimer. (Voy. Télégraphie militaire.)

SONDE ÉLECTRIQUE ET MICROTÉLÉPHONIQUE. — Voy. Explorateur.

SONDE MARINE. — Appareil électrique destiné à remplacer le plomb de sonde. La sonde de M. Irish est formée d'un cylindre vertical, contenant du mercure, et porté par une corde renfermant un double conducteur souple. Les deux extrémités des fils viennent se terminer dans la boîte cylindrique. Le circuit contient une pile et une sonnerie. Tant que la sonde descend, le mercure ne mouille pas les fils, le circuit est ouvert. Lorsqu'elle touche le fond, le cylindre s'incline, le mercure ferme le circuit, et la sonnerie tinte. Une aiguille, mobile sur un cadran, indique la longueur de corde déroulée. M. de la Croix a imaginé un autre appareil analogue.

SONNERIE ÉLECTRIQUE. — Sonnerie actionnée par un courant électrique. Ce courant peut être fourni par une pile on par une petite machine magnéto-électrique ; il y en a même qui empruntent l'énergie nécessaire aux courants induits engendrés par le fonctionnement du bouton d'appel.

Sonneries pour les usages domestiques.

Avantages des sonneries électriques. — Les sonneries forment certainement l'application domestique la plus répandue aujourd'hui de l'électricité ; c'est en effet la plus simple à installer, la moins coûteuse et celle qui donne jusqu'à présent les meilleurs résultats. Les sonneries électriques sont à tous les points de vue préférables aux anciens systèmes à tirage, que leur installation difficile et leur entretien dispendieux tendent à faire abandonner de plus en plus. Avec les sonneries électriques au contraire, aucun ennui de ce genre : avec un peu de soin, chacun peut les installer soi-même, quel que soit le nombre des détours que doivent faire les conducteurs ; l'entretien est insignifiant et, une fois posées, rien n'entrave leur fonctionnement.

Sonneries trembleuses. — Les sonneries électriques se composent d'ordinaire d'un électro-aimant E en fer à cheval (fig. 854) et d'une armature de fer doux a, dont la tige fait ressort et la maintient écartée de l'électro et en contact avec un ressort C. Le courant qui arrive par la borne m traverse l'électro-aimant, l'arma-



Fig. 854. — Sonnerie trembleuse, forme pendante.

ture, et retourne à la pile par le ressort C et la borne *n*. Mais le fer doux de l'électro attire immédiatement l'armature, ce qui interrompt le circuit au contact du ressort ; le courant cessant de passer, l'armature revient à sa première



Fig. 855. — Sonnerie trembleuse sur plaque de métal.

position et rétablit le contact avec C. L'armature continuera donc à osciller ainsi entre le ressort et l'électro, aussi longtemps qu'on enverra le courant dans l'appareil, et. chaque fois qu'elle s'approchera de l'électro-aimant, le marteau P viendra frapper le timbre T.

La figure 855 montre un modèle un peu différent. Le ressort que nous avons appelé C est fixé

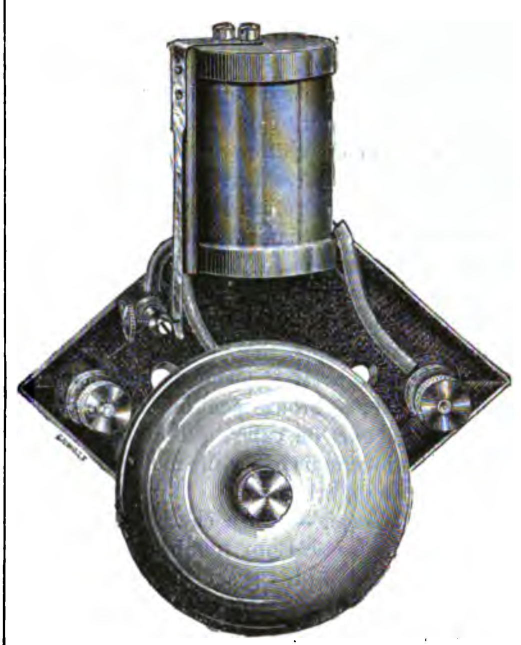


Fig. 856. — Sonnerie losange.

à l'armature, et vient toucher la pointe d'une vis placée latéralement et qui communique

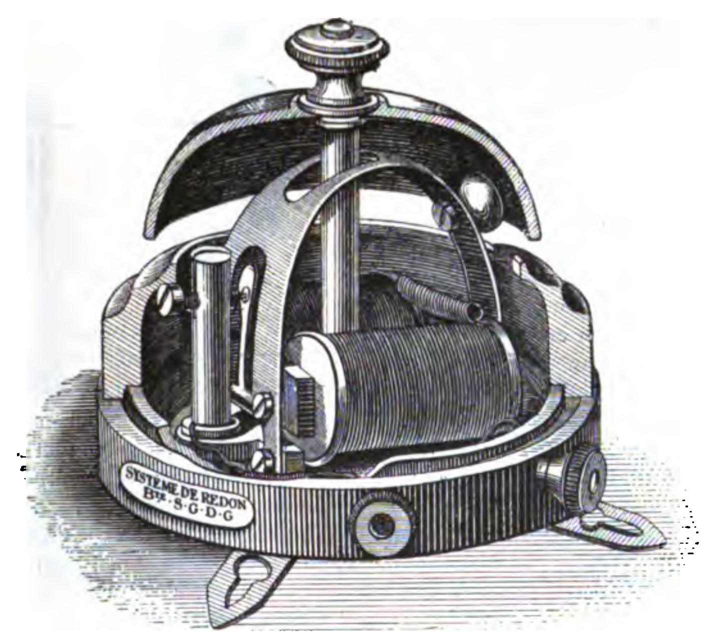


Fig. 857. — Sonnerie ronde, système de Redon.

avec le fil de retour. C'est entre le ressort et la pointe de la vis que se produit l'interruption chaque fois que l'armature s'approche de l'électro. La vis doit être enfoncée jusqu'à

ce qu'elle appuie suffisamment sur le ressort.

Dans les modèles soignés, on a coutume de monter aujourd'hui tous les organes sur une même plaque de métal, et la vis est maintenue fortement serrée par un contre-écrou ; de cette manière les différents organes ne peuvent se déplacer et l'appareil est à peu près indéréglable. C'est la disposition que représente la figure précédente. La sonnerie se pend au mur à l'aide de deux clous à crochet, et une boîte de bois recouvre le mécanisme, à l'exception du timbre et du marteau, pour le préserver de la poussière. Le timbre peut prendre des dimensions et des formes très variées pour permettre de distinguer les appels de plusieurs sonneries voisines. Il peut avoir la forme d'une clochette ou d'un grelot; le bronze peut aussi être remplacé par du bois de gaïac, qui donne un son mat très distinct, mais beaucoup moins bruyant, ou même par du cristal.

Sonnerie losange. — On a cherché à donner aux sonneries un certain nombre de formes plus commodes ou plus gracieuses que la précédente. Le principe est toujours le même, mais la disposition des organes varie avec la forme.

Telle est la sonnerie losange (fig. 856), construite par MM. Woodhouse et Rawson. Un losange d'ardoise, qui se fixe au mur par deux vis, porte en haut un électro-aimant droit, et en bas le timbre. L'armature, fixée au sommet de l'électro-aimant, est attirée par le pôle inférieur; l'interruption se produit au contact d'une vis qu'on voit à gauche de l'armature.

Sonnerie ronde. — La sonnerie de forme ronde, imaginée par M. de Redon (fig. 857), a l'avantage de fonctionner également bien dans toutes les positions. L'électro-aimant est fixé à plat sur le socle; l'armature, que l'on voit en avant, oscille autour de son bord inférieur; elle porte une tige recourbée en demi-cercle et munie d'un marteau qui frappe sur le timbre. Celui-ci recouvre complètement tous les organes. Une petite colonne porte la vis qui produit les interruptions.

Sonnerie ovoïde. — M. L. Borel a exposé en 1889 des sonneries d'une forme nouvelle et très élégante (fig. 858). Le timbre, de forme arrondie, recouvre la partie supérieure; une calotte métallique maintenue par un écrou achève d'envelopper les organes.

La disposition intérieure présente quelques modifications : le marteau est distinct de l'armature, dont il se sépare à chaque attraction pour frapper un coup; il sert en même temps à interrompre le circuit, et la force de l'électro-aimant est utilisée d'une manière plus complète, la rupture ayant lieu seulement quand l'armature a touché les noyaux. L'armature, une fois réglée, fonctionne également bien avec des courants d'intensité double ou triple. Le marteau

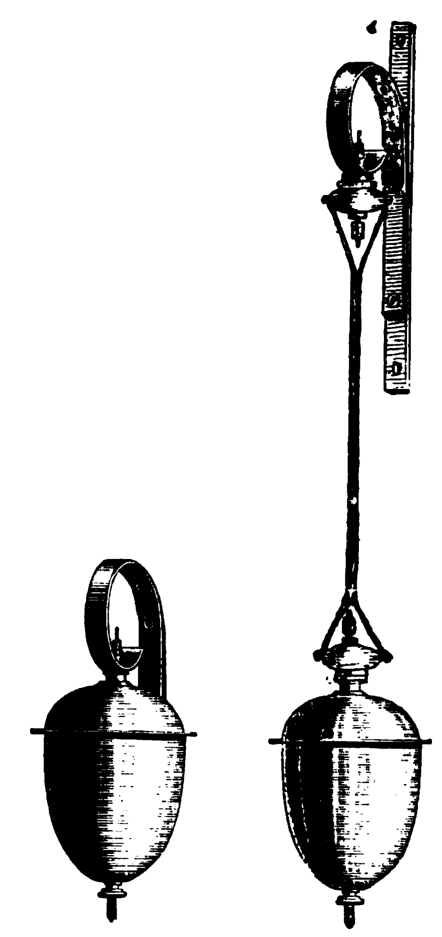


Fig. 858. — Sonneries ovoïdes.

n'a pas de vibration latérale; à cause de son indépendance, il a un mouvement parfaitement isochrone, et plusieurs sonneries, mises en dérivation dans le même circuit, vibrent synchroniquement. L'appareil se suspend à une volute en fer, directement ou par l'intermédiaire d'un conducteur souple. Les fils qui amènent le courant suivent le contour intérieur de la volute.

Cloches électriques. — Plusieurs inventeurs, notamment M. Jensen, ont remplacé le timbre par une cloche, qui protège les organes intérieurs, de sorte qu'on peut les placer au grand air, et qui a l'avantage de donner un son plus

musical. L'électro-aimant est fixé verticale-

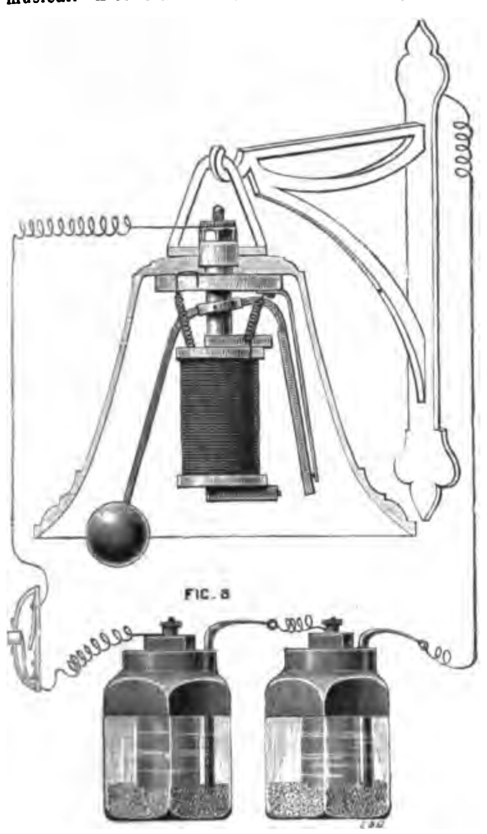


Fig. 859. — Cloche électrique, système Jensen.

ment à l'intérieur de la cloche (fig. 859) et reçoit le courant par les points d'attache de celle-ci. Les pôles de l'électro, placés à la partie inférieure, forment une petite saillie vers la droite, et attirent l'armature, qu'on voit du même côté; cette armature peut tourner autour d'un axe horizontal, placé à la partie supérieure de la cloche, et elle entraîne le marteau, situé de l'autre côté de l'électro-aimant. L'inspection de la figure permet de comprendre le fonctionnement, qui est le même que dans les sonneries.

Dans d'autres modèles, les pôles se terminent en biseau et l'armature est disposée au-dessous dans une position inclinée, de sorte que le marteau vienne frapper le bord de la cloche lorsque cette armature oscille autour de son arête horizontale. Les cloches se placent d'ordinaire à l'extrémité d'une potence, qui sert en même temps à établir les communications.

Trompette et sirène Zigang. — La trompette Zigang, destinée à remplacer les sonneries d'appartement, se rapproche beaucoup des appareils classiques connus sous le nom de sirène de Froment. Le marteau et le timbre sont supprimés et le son est produit par la vibration de l'armature. Un électro-aimant boiteux est disposé dans un tube de laiton (fig. 860), parallèlement à l'axe; en regard de ses extrémités, qui sont tournées vers l'ouverture, se trouve une plaque vibrante sur laquelle est fixée une petite lame de fer doux. Une vis, terminée par une pointe de platine, vient toucher cette lame, et le courant qui a traversé l'électro passe par la plaque vibrante et par la vis pour retourner à la pile. Cette disposition ressemble





Fig. 860. — Trompette et sirène Zigang.

donc beaucoup à celle d'une sonnerie : les interruptions se produisent de même au contact de la vis et de la plaque. On peut faire varier le son entre certaines limites en enfonçant plus

ou moins la vis de réglage. Le tube de laiton sert à protéger les organes intérieurs et aussi à renforcer le son. Cet appareil a l'avantage de fonctionner dans toutes les positions; on peut l'employer concurremment avec une sonnerie : les deux sons se distingueront facilement sans qu'il soit nécessaire d'avoir recours à un tableau indicateur. Le second modèle renferme un appareil semblable, mais plus puissant, auquel l'auteur a donné le nom de sirène : il sert à produire des signaux sonores très intenses et s'applique aux grandes usines, chantiers, gares de marchandises, bateaux, tramways. etc. Il exige 8 éléments Leclanché, tandis que le premier fonctionne facilement avec deux, comme une sonnerie ordinaire.

Tableaux indicateurs. — Dans les grands appartements, les hôtels, etc., il serait impossible de distinguer les sons de diverses sonneries et de reconnaître d'où viennent les appels. On fait alors usage de tableaux indicateurs (Voy. ce mot).

Boutons d'appel. — Pour lancer le courant dans une sonnerie, on emploie généralement des interrupteurs particuliers. Le plus simple et le plus employé est certain ... d'appel (fig. 861). Sur un dis... fixés deux ressorts recourbés, ... tés libres viennent aboutir ... l'autre. On dénude soigneusem... deux conducteurs qui vienn... l'autre de la sonnerie; on les ... petit trou pratiqué dans le dis... les serre sous les vis qui ret... ressorts : l'appareil est alors ... l'aide de deux vis, et l'on reco... couvercle de bois tourné, au ... a placé un bouton d'ivoire. E... doigt sur ce bouton, on amène ... extrémités des deux ressorts ... fermé. Lorsqu'on cesse d'ap... du ressort antérieur ramène ... sition première et rompt le c...

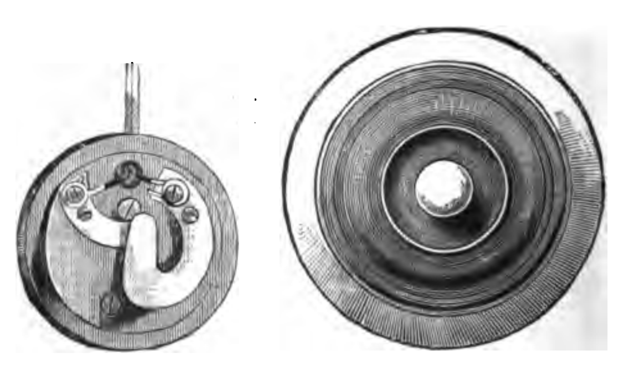




Fig. 861. — Bouton d'appel.

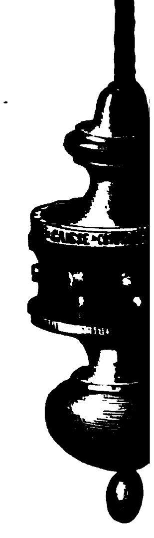


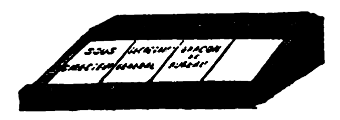
Fig. 862. — Poire ...

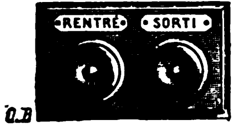
rie cesse de se faire entendre. Nous avons décrit plus haut des boutons du même genre qui servent en même temps d'*avertisseurs d'incendie* (Voy. ce mot).

L'interrupteur précédent convient seulement lorsqu'on doit le fixer sur un mur : il a alors l'avantage d'être peu coûteux, facile à poser et à dissimuler si on le désire. Mais il y a bien des cas où il est préférable d'avoir à portée de sa main un cordon plus ou moins analogue à celui des anciennes sonnettes : ainsi au-dessus d'une table de travail, dans une salle à manger ou dans une chambre à coucher. On fait souvent alors usage d'une poire en bois dont la disposition intérieure est la même que celle du bouton précédent. Vers l'extrém... la poire est coupée perpendi... son axe, et sa coupe présente ... figure 861 : elle porte deux resso... qu'on peut amener au contact ... nière, en pressant un bouton ... l'appareil. Les conducteurs pé... tie supérieure de la poire et arr... ressorts au moyen d'un trou ... l'axe.

Ces conducteurs sont ordinai... et réunis en un seul cordon, ... au plafond par une rosace en bois ... jusqu'au mur, où il se relie av... naires.

es bureaux, on peut faire usage de us grosses, autour desquelles sont dis- usieurs boutons identiques, mais qui ndent à des circuits différents (fig. 862).



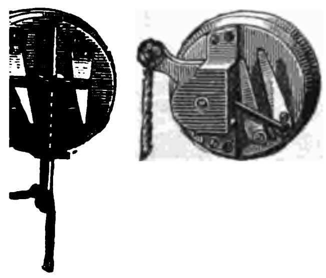


i3. — Contacts multiples pour bureaux (Mildé).

souple doit contenir le nombre de fils re : cette disposition permet de faire, à in seul appareil, des appels dans plu- rections.

On peut encore réunir plusieurs boutc une même planchette ou faire usage de t analogues à celles d'un piano (fig. 863) agissent comme les appareils précédents

Tirages et pédales. — D'autres interru présentent une disposition extérieure fait semblable à celle des anciennes sonr au lieu d'appuyer sur un bouton, on ti cordon. Les conducteurs peuvent ainsi s simuler plus facilement, puisqu'il suffit disposer au niveau du plafond, sans les descendre jusqu'à la portée de la mai figure 864 montre deux de ces appareils. le premier, on voit deux ressorts verticau se relèvent à la partie inférieure et comı quent par le haut avec les deux conduct entre ces ressorts est disposée une tig peut glisser verticalement et porte une tra métallique horizontale. Lorsqu'on tire le don suspendu à cette tige, elle descend ju





4. — Tirages pour cordons (Grivolas).

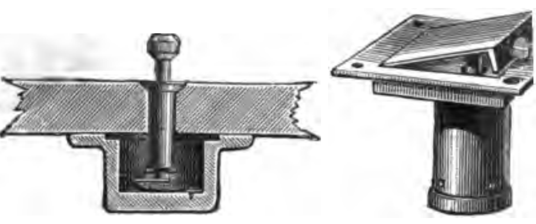


Fig. 865. — Pédales pour bureaux et salles à manger (Grivolas).

ı traverse vienne toucher les deux res- éraux et fermer le circuit; si l'on cesse , un ressort à boudin fait remonter la ju'à sa position première, et le contact pu.

le second modèle, la tige mobile, au se mouvoir en ligne droite, tourne au- ın point fixe; en tirant le cordon placé ıe, on fait remonter le côté droit de ge, qui vient toucher les deux ressorts la pile et à la sonnerie et établir le ; un ressort à barillet ramène la tige à tion d'équilibre lorsqu'on cesse d'agir ordon. Ces deux modèles et surtout le sont très faciles à dissimuler en enrou- forme de boucle ou de nœud la partie ure du cordon.

mploie encore dans les bureaux et les manger des pédales (fig. 865) que l'on ie avec le pied. L'appareil porte à sa inférieure deux ressorts semblables à s boutons ordinaires (fig. 861) et qui sont en communication avec les deux conducte En appuyant sur la tige, on amène ces ressorts au contact et l'on ferme le circuit. ressort à boudin relève la tige quand on c d'appuyer le pied. Dans le second modèle agit sur la tige par l'intermédiaire d'une pé inclinée à charnière, qui peut se rabattre e dissimuler dans le plancher quand on ne pas s'en servir. Les pédales ont l'avantage n'être pas apparentes, mais elles exigent qu fasse passer les conducteurs sous le parq ce qui est fort incommode.

Contacts pour portes extérieures. — Aux po des appartements, on se contente souvent boutons usités à l'intérieur; mais il est souv préférable, surtout pour les portes extérieu d'employer des appareils plus solides. On sert alors de deux sortes de contacts qu actionne, les uns en tirant comme une sonne les autres en poussant comme un bouton or naire. Dans les deux cas, le contact s'obtient la même façon : les extrémités des cond

teurs sont repliées de manière qu'ils se rapprochent en un point ; le bouton forme l'extrémité d'une tige qui se termine à l'autre bout par un tronc de cône en métal. En tirant ou en poussant le bouton, on amène ce tronc de cône à

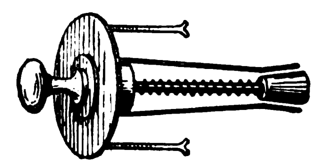


Fig. 866. — Bouton pour porte extérieure.

toucher les conducteurs au point où ils sont rapprochés et dénudés, et le circuit se trouve fermé ; un ressort ramène le bouton à sa position d'équilibre. La figure 866 représente un bouton de ce genre sur lequel on agit par tirage.

Contacts de sûreté. — Il nous ... quer d'autres interrupteurs q... d'actionner une sonnerie a... chaque fois qu'on ouvre ou q... porte ou une croisée. Ils ser... annoncer l'entrée d'un visiteur ... sins ou les bureaux ; ils peuv... si on le veut, à un meuble ou à ... avertir son propriétaire des ten... tion. Parmi ces contacts, il y ... tinter la sonnerie aussi longtemp... reste ouverte ; d'autres, au cont... duisent qu'un son très court à ... la fermeture ; d'autres ne font s... l'ouverture seule.

Les contacts de feuillure (fig. ... nent au premier groupe : ils se com... petite équerre de cuivre et d... même substance, communiquant ...

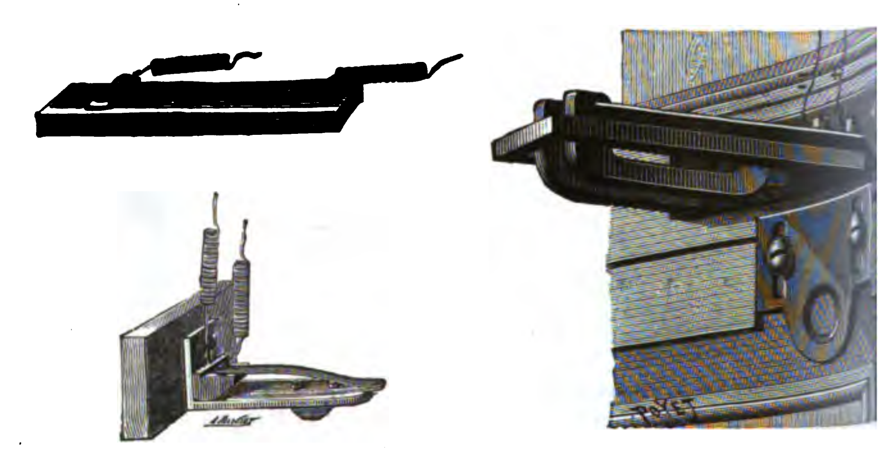


Fig. 867. — Contact de feuillure et contact va-et-vient (Grivolas).

Fig. 868. — Contact va-et-vient ...

pôles de la pile, et disposés sur un petit morceau de bois qu'on fixe au-dessus de la porte ou dans la charnière verticale, de sorte que l'équerre reste en dehors de la feuillure. Le ressort au contraire se trouve aplati tant que la porte est fermée, et par suite le circuit est interrompu ; mais ce ressort se redresse dès que la porte s'ouvre et, venant au contact de l'équerre, ferme le circuit ; la sonnerie se fait donc entendre jusqu'à ce qu'en refermant la porte on aplatisse de nouveau le petit ressort. Si le tintement continu est parfois gênant, on dispose en un point du circuit un commutateur à l'aide duquel on interrompt le courant à volonté.

Pour obtenir un appel à l'ouverture et à la fermeture de la porte, on peut fixer au-dessus le second appareil de la figure 867 ... de deux ressorts placés à une pe... l'un au-dessus de l'autre et reli... pôles. En s'ouvrant et en se ... porte soulève un petit galet qui ... tour le ressort inférieur et lui ... l'autre : dans les deux cas, le circ... donc fermé pendant un instant s...

L'appareil représenté figure 868 ... même effet au moyen de deux pièc... fixées transversalement au-dessus d... d'une autre pièce métallique fixe ... elle-même. Pendant l'ouverture et la ... cette pièce frotte un instant contr... autres et ferme le circuit. Le frott... pièces métalliques a l'avantage de ... parfaitement propres. Plus robust...

cédent, ce contact convient surtout aux grandes portes.

Enfin, pour actionner la sonnerie seulement au moment de l'ouverture, on emploie ordinairement un contact *pied de biche* (fig. 869). Les

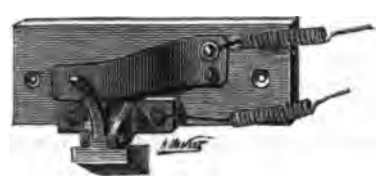


Fig. 869. — Contact pied de biche (Grivolas).

conducteurs aboutissent, l'un à un ressort, l'autre à une monture métallique portant à son extrémité une pièce recourbée qui peut basculer autour d'un axe horizontal : le tout est fixé sur une petite planchette, qu'on dispose au-dessus de la porte. Quand on ouvre la porte, elle pousse le bas de la pièce mobile dont la partie supérieure, s'inclinant en sens inverse, vient toucher le ressort et fermer le circuit. Il n'en est plus de même en refermant, car la porte pousse le pied de biche en sens contraire, et sa partie supérieure s'éloigne du ressort au lieu de s'en rapprocher.

Installation des sonneries domestiques. — Une installation de sonneries comprend quatre parties : la sonnerie, l'interrupteur ou bouton d'appel, la pile et la ligne. Nous avons décrit les deux premières. Pour la pile, on emploie généralement des éléments Leclanché. Deux éléments en série suffisent pour une seule sonnerie, lorsque le circuit ne dépasse pas 50 mètres. Au delà de cette limite, on ajoute un élément par 25 mètres. Il vaut mieux mettre plutôt un élément en excès, surtout si deux sonneries doivent fonctionner ensemble. Il faut placer ces piles dans un endroit dont la température ne soit jamais très élevée. Les sonneries d'appartement doivent du reste, contrairement à ce qui a lieu pour les lignes télégraphiques, être peu résistantes, comme le circuit lui-même.

La ligne est constituée généralement par du fil de cuivre de $\frac{9}{10}$ de millimètre, recouvert de gutta et de coton.

Aux points de raccordement des fils, on doit avoir soin que le contact soit parfaitement établi : on dénude les deux fils sur une longueur de 12 à 15 millimètres, on les frotte avec du papier émeri, pour les bien décaper et enlever les dernières traces de gutta, et on les tord ensemble à la main ou avec une pince, de manière à les mettre en contact par toute la partie découverte. On recouvre ensuite le joint avec une feuille très mince de gutta, qui se soude facilement au contact des doigts et protège le cuivre contre l'action oxydante de l'air. On peut même recouvrir ensuite le joint de coton, mais c'est généralement inutile. Si deux fils cheminent ensemble, ce qui a lieu le plus souvent, il faut éviter de faire deux joints à la même place, parce que si les fils venaient à se découvrir et à se toucher, le circuit se trouverait fermé et la pile s'userait inutilement.

Pour soutenir les conducteurs, on recommande souvent l'emploi d'isolateurs en os; cette précaution nous paraît inutile à l'intérieur des appartements. Lorsque la ligne est exposée à l'air, on la dispose comme une ligne de télégraphe ou de téléphone.

La disposition des sonneries et des boutons d'appel varie à l'infini suivant les effets qu'on veut obtenir. Pour éviter toute erreur dans l'agencement des fils, on a adopté la règle suivante : on relie par un fil le pôle négatif à toutes les sonneries, par un autre fil le pôle positif à tous les bontons, puis on fait partir de chaque appel un fil se rendant à toutes les sonneries qu'il doit actionner. Voici quelques exemples.

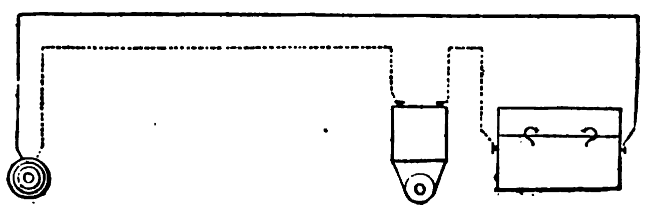
Le cas le plus simple est celui d'une sonnerie commandée par un bouton unique, ou même par plusieurs boutons. Les deux premiers dessins de la figure 870 montrent qu'il suffit d'appliquer la règle précédente, et qu'en appuyant sur un bouton on ferme toujours un circuit comprenant la pile et la sonnerie. Dans cette figure, on a supposé la pile renfermée dans une boîte qu'on voit à droite.

On peut aussi utiliser une même pile pour desservir plusieurs circuits comprenant chacun une ou plusieurs sonneries ou même d'autres appareils électriques, par exemple des allumoirs ou des lampes à incandescence pour un éclairage intermittent. Du pôle positif partent alors autant de circuits distincts allant aux boutons, puis aux sonneries, et revenant à la pile. Cette disposition est celle que l'on utiliserait dans une maison à plusieurs étages, les piles étant placées dans la cave et chaque appartement ayant une série de boutons et une sonnerie. En la combinant avec les autres, il est facile d'obtenir les indications correspondant au cas où la distribution de chaque appartement comprendrait un plus grand nombre d'appareils.

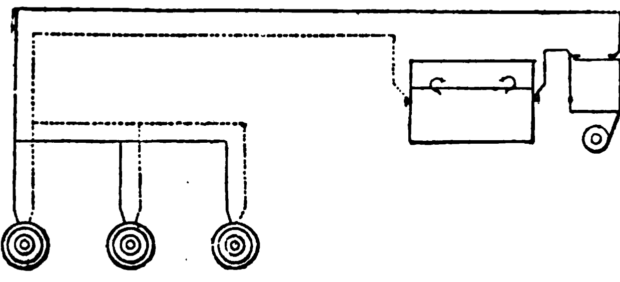
Pose de deux sonneries permettant de répondre. — Le troisième dessin de la figure 870 montre l'installation de deux sonneries pouvant s'appeler et se répondre mutuellement. De la pile partent deux circuits comprenant chacun un bouton et une sonnerie; une partie du fil est commune aux deux circuits. Dans l'un, le courant va de la pile au bouton, puis à la sonnerie; dans l'autre le courant suit l'ordre inverse.

Pose d'une sonnerie donnant à volonté un tintement ou un seul coup. — On préfère dans certains cas remplacer le tintement... sonnerie ordinaire par un coup... facile d'obtenir ce résultat: il... deux extrémités de l'électro-aima... liées aux deux pôles de la pile,... rant traverse l'armature ni le... vis. On peut même transformer... ordinaire en sonnerie à un seul c... directement par un fil la borne... tache de l'armature *a* (fig. 854)... est montée sur plaque de métal,...

1° Pose d'une sonnerie et d'un bouton.



2° Pose d'une sonnerie et de trois boutons sonnant sur cette même sonnerie.



3° Pose de deux sonneries se répondant.

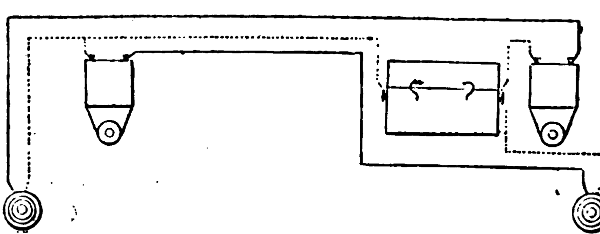


Fig. 870. — Installations diverses de sonneries.

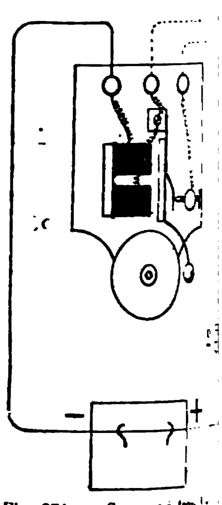


Fig. 871. — Sonnerie à tin... à volonté un seul coup...

attacher un fil à la borne de droite (fig. 855) et à la plaque de métal, par exemple en le serrant sous la vis qu'on voit à la partie supérieure de cette plaque. Enfin, si l'on relie la plaque métallique, non plus à l'une des deux bornes primitives, mais à une troisième qu'on peut fixer facilement soi-même sur la planchette (fig. 871), la sonnerie conserve la faculté de produire à volonté le tintement ordinaire ou un seul coup.

Si l'on ne veut employer la sonnerie qu'à frapper un seul coup, les communications s'établissent comme pour une sonnerie ordinaire, en laissant de côté la borne de dr... l'on veut produire à volonté l'un ou... deux effets, il faut relier la borne de... pôle négatif d'une manière perman... part on fait aboutir comme d'or... positif aux deux boutons. Enfin on... ton 1, qui doit produire un seul coup,... du milieu, et l'autre à la borne de... pection de la figure suffit à montrer... tient ainsi à volonté l'un ou l'au... effets.

Pose d'une sonnerie continue. —

contraire obtenir par une légère modification que la sonnerie se fasse entendre d'une façon continue, lors même qu'on a cessé d'appuyer sur le bouton d'appel, jusqu'à ce que l'on agisse sur un commutateur pour arrêter le tintement. Pour cela, on se sert d'une sonnerie à trois bornes, disposée comme nous venons de l'indiquer, mais en ayant soin que le ressort ne touche pas au repos la pointe de la vis. Les fils doivent alors être disposés comme dans le cas précédent, le bouton 2 seulement étant supprimé et remplacé par un interrupteur.

Lorsqu'on presse sur le bouton, on ferme le premier circuit : l'armature attirée par l'électro-aimant reste collée, et le marteau frappe une seule fois le timbre. Dès qu'on abandonne le bouton, le circuit est rompu, et l'armature s'éloigne de l'électro; mais, en vertu de la vitesse acquise, elle dépasse sa position d'équilibre et vient toucher la pointe de la vis, de manière à fermer le second circuit. Elle est alors attirée de nouveau par l'électro et, à partir de ce moment, elle continue à osciller comme une sonnerie ordinaire, qui serait reliée d'une façon permanente aux deux pôles d'une pile, sans l'intermédiaire d'aucun bouton ou interrupteur. Il faut, pour la ramener au silence, interrompre un instant le second circuit : l'armature cesse de vibrer et reprend sa position d'équilibre : on referme aussitôt l'interrupteur, afin que l'appareil soit prêt à fonctionner lorsqu'on appuiera de nouveau sur le bouton.

Le même effet pourra être obtenu, au moyen d'une sonnerie dont le marteau serait mis en mouvement par un mécanisme d'horlogerie, le courant servant uniquement à produire le déclenchement, mais cette disposition serait beaucoup plus coûteuse.

Sonneries pour télégraphes et téléphones.

Tous les postes télégraphiques renferment une sonnerie, destinée à appeler l'attention des employés lorsqu'un autre poste demande à correspondre. Dans les téléphones, les sonneries servent de même à avertir le bureau central qu'un abonné demande la communication, ou que la communication entre deux abonnés est terminée. Le poste central s'en sert aussi pour attaquer les abonnés.

L'Administration des postes et télégraphes emploie ordinairement la sonnerie trembleuse, dite *cubique* (fig. 872), dans laquelle on retrouve les mêmes organes que dans la forme pendante, décrite plus haut.

L'électro-aimant E communique d'une part avec la borne C, de l'autre avec l'armature A ; le ressort R est relié à la borne Z; l'interruption se fait entre A et R.

Les sonneries des télégraphes et des téléphones sont généralement à grande résistance.

Dans la sonnerie à rouage, le marteau est commandé par un mouvement d'horlogerie. Le courant de la ligne passe dans un électro-aimant, dont l'armature est attirée et déclenche le mécanisme. Le marteau frappe un certain nombre de coups, et le rouage est ensuite réenclenché par l'un des mobiles; le système reste immobile jusqu'à ce qu'un nouvel appel se produise. En même temps qu'il agit sur le marteau, le mécanisme fait décrire un quart de tour à un disque portant le mot « *Répondez* », qui vient apparaître devant un guichet. En cas d'absence, l'employé est ainsi averti à son retour que le poste a été attaqué.



Fig. 872. — Sonnerie trembleuse, dite cubique.

Il ramène alors le voyant à sa position première en tournant une petite clef. La sonnerie à rouage ne sert que pour une direction; elle est peu employée.

Les sonneries à relais sont formées d'un relais et d'une sonnerie trembleuse. Le courant de ligne traverse le relais, dont l'électro-aimant attire son armature. Celle-ci déclenche un levier qui fait apparaître un voyant et ferme en même temps un circuit local contenant la sonnerie ; celle-ci tinte jusqu'à ce qu'on relève le voyant. Il existe plusieurs modèles de sonneries à relais.

La sonnerie Faure se construit pour une ou deux directions. Dans le premier cas, le relais

est formé d'un électro-aimant horizontal, dont l'armature est verticale et se termine par un crochet à la partie supérieure. Ce crochet maintient horizontal un levier pouvant tourner autour de son autre extrémité. Quand le courant passe, le levier bascule et vient fermer le circuit local en touchant un contact métallique. Pour arrêter le tintement, on appuie sur un bouton qui redresse le levier.

Dans le modèle à deux directions (fig. 873), qui est le plus répandu, il y a deux relais identiques EE communiquant chacun avec une des deux lignes et actionnant la ... chacune des armatures A est mob... axe horizontal, et se termine ... sur le sommet de laquelle s'app... appartenant à un levier horizon... tour de l'axe *o*. Lorsque l'armatu... rée, la tige *t* s'écarte et aband... horizontal, qui vient tomber sur ... et ferme le circuit local de la so... levier mobile porte un petit voyant ... sente derrière un guichet lorsqu... déclenché, et fait connaître qu...

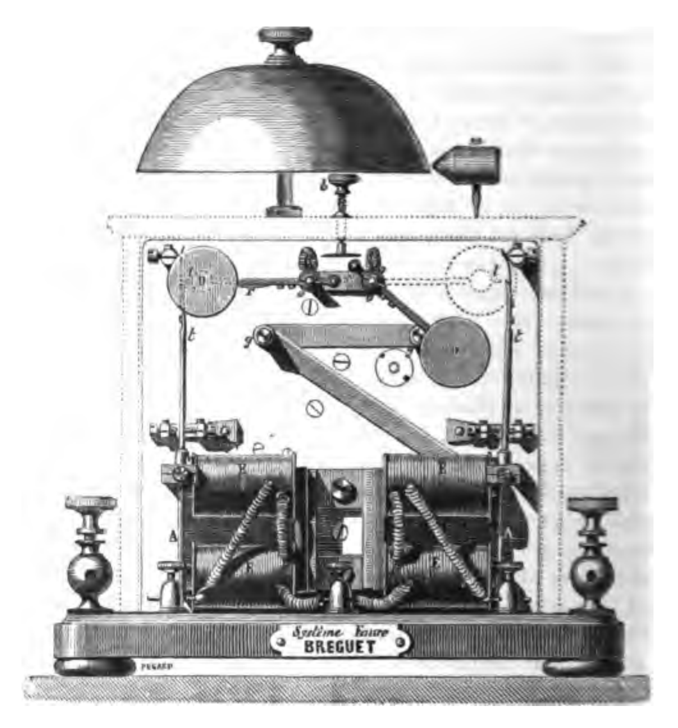


Fig. 873. — Sonnerie Faure à deux directions.

qui a attaqué. Un seul bouton *b* sert à réenclencher les deux leviers en appuyant sur l'extrémité opposée à D.

Pour les postes de moyenne et de petite importance, la Compagnie des chemins de fer de l'Est emploie des sonneries à relais qui peuvent donner deux effets différents, au moyen d'un commutateur placé dans le socle. L'armature se termine par un crochet qui maintient le voyant (fig. 874). Dans les petits postes, le voyant, en tombant, vient butter contre la pointe d'une vis et ferme le circuit local sur la sonnerie. C'est ce que montre la première partie de la figure. Le tintement continue jusqu'à ce qu'on relève le voyant. Les agents qui desservent ces postes étant parfois obli... gner, on comprend que le tintement ... plus de chances de rappel au bureau ... postes de moyenne importance, ... ployés ne s'absentent jamais, on fait ... le circuit local, à l'aide du commuta... ture et le noyau du relais, de sorte ... cuit se ferme seulement lorsque l'ar... au contact du noyau. La sonnerie ... seulement pendant que l'employé ... attaque appuie sur son manipula... pels intermittents suffisent dans ...

Sous le nom de *sonneries d'urgence* ... gnie du Nord emploie des sonner... relais est remplacé par un rappel ...

ırge
ı co
ıner
ɜ ce:

neri

re le
onie
:lise:
re d
.es q
; tre:
avon
ıs au

M. Postel-Vinay est formé d'une sonnerie sans timbre, renfermée dans un étui en cuivre de 7 centim. de longueur; le marteau frappe sur l'étui. Celui de M. Desruelles est muni d'une aiguille aimantée, qui indique si le courant passe.

Sonneries magnéto-électriques.

Ce sont des sonneries actionnées par une petite machine magnéto-électrique. Elles sont surtout employées en téléph[illegible] l'emploi des piles, lorsque l[illegible] téléphones magnétiques; elle[illegible] supprimer l'entretien des piles [illegible] ont reçu en Amérique le nom [illegible]

Dans certains modèles, le tra[illegible] une petite machine magnéto-[illegible] genre Siemens, formée d'une bo[illegible] entre les pôles de trois aimants [illegible] suffit de faire faire quelques tou[illegible]

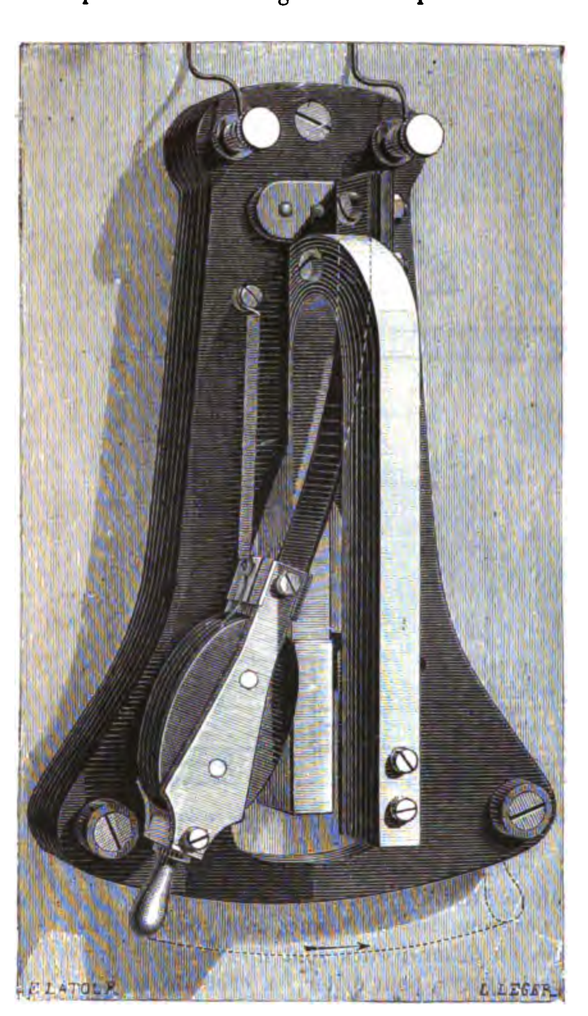



Fig. 876. — Sonnerie Abdank (transmetteur).

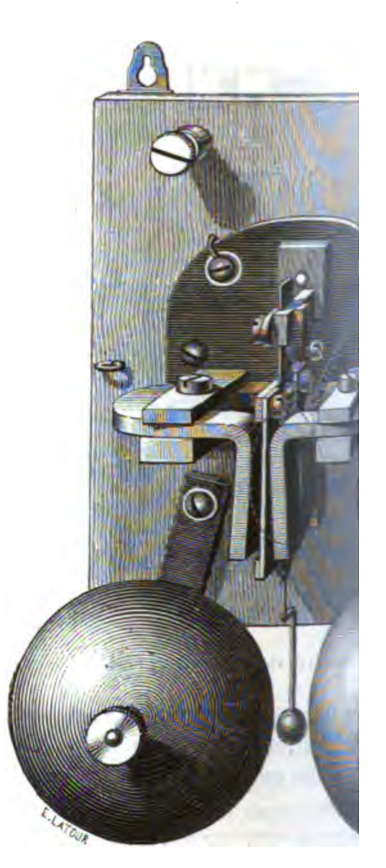


Fig. 877. — Sonnerie Abdank [illegible]

velle pour lancer dans le récepteur des courants alternatifs, qui le font tinter. Ce récepteur est formé en général d'un électro-aimant vertical suspendu par un ressort entre les pôles d'un aimant en U. Quand l'appareil reçoit des courants alternatifs, l'électro-aimant oscille entre les deux pôles, et le marteau, fixé à son extrémité inférieure, frappe sur un [illegible] deux timbres placés de part et d[illegible] figurerons à l'article Téléphone des [illegible] phoniques munis de ce genre de s[illegible]

M. Abdank-Abakanowicz a imag[illegible] nerie magnétique plus simple. Le tr[illegible] (fig. 876) se compose d'une bobin[illegible]

pendue par un ressort entre les branches d'un ou de deux aimants permanents. Lorsqu'on saisit le bouton inférieur et qu'on l'écarte brusquement de sa position d'équilibre, la bobine continue à osciller pendant quelques instants. Ce mouvement donne naissance à des courants alternatifs, que deux fils très flexibles transmettent aux fils de ligne. L'appareil est muni d'une disposition spéciale, qui ferme le circuit seulement lorsqu'on agit sur le transmetteur.

Le récepteur (fig. 877) consiste d'ordinaire en une bobine reliée à la ligne et suspendue entre deux aimants fixes. Cette bobine est enroulée sur une plaque de tôle portée par un ressort et terminée par le marteau. Dès qu'elle est traversée par les courants alternatifs résultant des oscillations du récepteur, son noyau s'aimante et prend alternativement des polarités opposées. Ces changements d'aimantation lui communiquent un mouvement vibratoire, et le marteau qui la termine frappe les timbres à chaque oscillation.

SONOMÈTRE ou **AUDIOMÈTRE.** — Appareil imaginé par M. Hughes pour étudier l'acuité auditive. Deux bobines fixes, placées aux deux extrémités d'une règle divisée, reçoivent le courant d'une pile, interrompu à intervalles réguliers par un microphone, sur le socle duquel est placée une montre. Ces bobines sont enroulées de manière à induire des courants de sens contraire dans une troisième bobine, qui se meut le long de la règle et communique avec un téléphone. Il y a une position pour laquelle les courants se détruisent, et le téléphone est muet. C'est le zéro. L'acuité auditive se mesure par la longueur dont on peut déplacer la bobine induite avant que le sujet perçoive le son.

Le sonomètre forme l'appareil de mesures de la balance d'induction voltaïque (Voy. ce mot) du même auteur. Il a été appliqué dans l'électro-acoumètre, le schiséophone, etc.

SOUDURE ÉLECTRIQUE. — M. E. Thomson et M. de Benardos ont appliqué l'électricité à la soudure directe des métaux.

Le procédé Thomson consiste à appuyer fortement l'une contre l'autre les deux pièces à souder et à y faire passer un courant très intense. Les deux pièces métalliques rougissent sous l'action du courant, se ramollissent et se soudent intimement. A l'origine, on faisait usage de transformateurs spéciaux, dont le circuit secondaire n'offrait qu'une résistance négligeable. La disposition des appareils ayant été modifiée depuis, nous décrirons seulement ceux qui figuraient à l'Exposition de 1889.

L'auteur emploie actuellement deux méthodes : dans la méthode directe, qui sert surtout pour les petits objets, les pièces à souder reçoivent le courant même de la dynamo ; dans la méthode indirecte, qui s'applique aux travaux plus importants, les pièces sont reliées à un transformateur, qui transforme le courant de la dynamo en un courant de force électromotrice plus faible, mais de grande intensité.

Pour la méthode directe, on emploie une dynamo bipolaire à courants alternatifs du type supérieur (fig. 878). L'induit porte deux enroulements distincts : l'un donne les courants alternatifs destinés à la soudure ; les courants de l'autre sont redressés et servent à exciter les inducteurs. Avec 2500 tours par minute, cette dynamo donne 20 volts et 4000 à 6000 ampères. Une table à souder placée au-dessus de la dynamo porte deux mâchoires à ressort, reliées respectivement aux deux balais, et qui reçoivent les fils ou les petites tiges à souder. Pour les fils très fins, on se sert de petites mâchoires qui s'adaptent dans les grandes. Un rhéostat, placé sur le circuit inducteur, permet de faire varier l'intensité. Cette disposition permet de souder des fils dont le diamètre varie de 0,5 millimètre jusqu'à un centimètre.

Trois autres installalions servent pour la méthode indirecte. L'une comprend une dynamo auto-excitatrice à courants alternatifs et une table à souder qui en est séparée. La dynamo (fig. 879) est à quatre pôles et peut donner 60 ampères et 300 volts à la vitesse de 1500 tours par minute. L'armature porte deux enroulements, comme dans la machine précédente : le courant destiné à l'excitation est transmis à un commutateur à quatre sections, monté sur l'arbre en avant du palier ; il est conduit par deux fils placés dans l'intérieur de l'arbre, qui est creux, et aboutissant l'un aux sections paires du commutateur, l'autre aux sections impaires.

Les courants redressés sont recueillis par deux balais reliés aux inducteurs. Les noyaux des inducteurs sont formés par des lames de fonte et de fer alternées et séparées par du papier. Celui de l'induit est formé de lames de fer isolées par du papier. L'enroulement des inducteurs et de l'induit est calculé pour que le champ magnétique prenne très vite son intensité maxima.

La table à souder (fig. 880) est formée d'une cage métallique renfermant un transformateur, et sur laquelle sont disposées les mâchoires à levier, dont l'une est fixe et l'autre mobile à l'aide d'une roue à main commandant un engre-

nage à vis sans fin. Le transformateur est composé d'un noyau creux, formé par des rondelles de fer doux serrées par des boulons; le circuit primaire comprend plusieurs tours de fil enroulés sur ce noyau parallèlement aux génératrices, et le circuit secondaire est constitué par un tube de cuivre placé dans l'intérieur du noyau et relié aux mâchoires par deux barres de même métal.

M. E. Thomson avait exposé encore deux autres installations, dont une était analogue à la précédente, mais plus puissante; la dynamo,

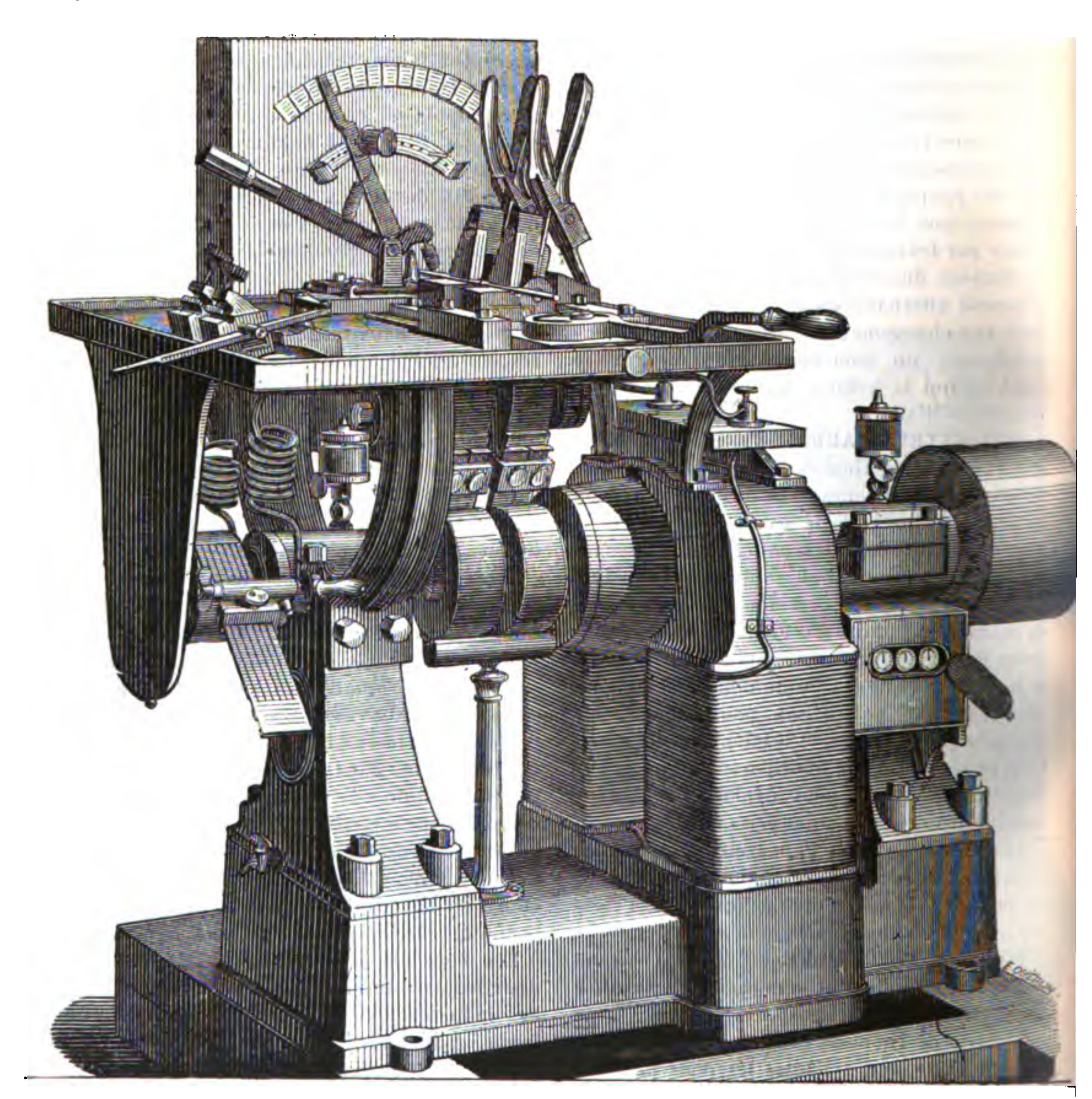


Fig. 878. — Soudure électrique par la méthode directe.

à six pôles et à excitation indépendante, peut donner 120 ampères et 300 volts avec 1000 tours par minute. Le transformateur donne 30 000 à 40 000 ampères avec environ 1 volt, et permet de souder des barres de fer de 25 à 50 millim. de diamètre.

La dernière installation, destinée aussi à la méthode indirecte, comprenait une *bobine de réduction*, qui permet de graduer l'intensité du courant secondaire, et un commutateur automatique destiné à rompre le circuit dès que la soudure est achevée. Pour cela, un levier fixé à

la mâchoire mobile vient butter sur la tige d'un interrupteur, lorsque cette mâchoire est arrivée au bout de sa course; il pousse la tige et ouvre le circuit.

La soudure électrique convient à de nombreuses applications. L'opération est si rapide que la perte de chaleur est très faible. On peut même souder des fils recouverts, sans que l'enduit isolant soit fondu sur plus de 1 ou 2 centimètres de chaque côté. Cette méthode s'applique aux ouvrages délicats de l'orfèvrerie comme aux travaux de grosse mécanique. Les métaux les plus divers, et même ceux qui résistent le plus aux méthodes ordinaires, fonte, laiton, bronze, maillechort, zinc, étain, plomb, aluminium, peuvent être soudés facilement. Citons,

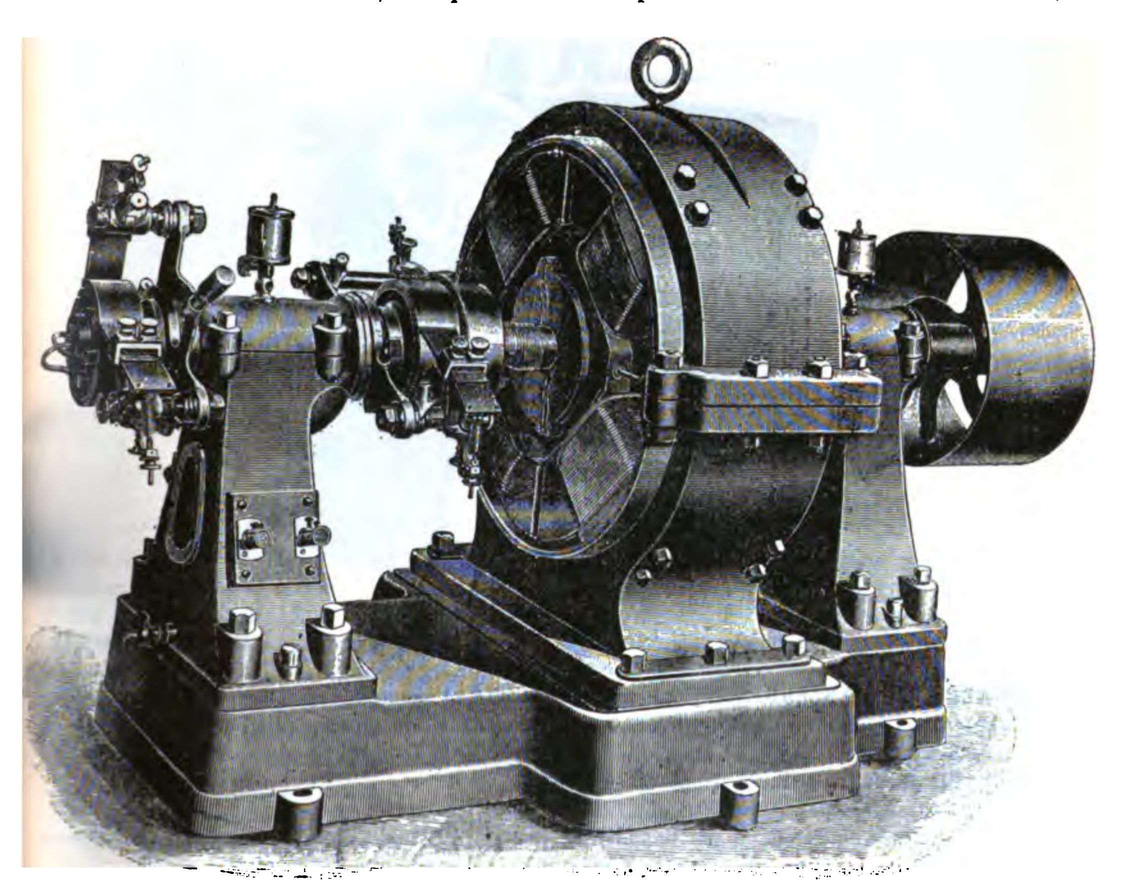


Fig. 879. — Dynamo pour la soudure par la méthode indirecte.

parmi les applications, le raccordement des fils dans la construction des dynamos, celui des tubes, la fabrication de longs rubans sans fin, scies, bandages de roues, cercles de tonneaux, etc.

Dans le procédé de Benardos, c'est la chaleur de l'arc voltaïque qui est utilisée. Les objets à souder sont placés sur une *enclume électrique*, table de fonte reliée au pôle négatif de la source. Le pôle positif communique par un conducteur souple avec un crayon de charbon à lumière, que l'on tient à la main et qu'on promène sur les surfaces à souder. La pièce étant libre, on peut facilement la déplacer dans tous les sens. Il est nécessaire de protéger la figure et surtout les yeux contre les effets de l'arc électrique (Voy. COUP DE SOLEIL ÉLECTRIQUE).

M. de Benardos emploie comme source une batterie d'accumulateurs du genre Planté, maintenue chargée par une dynamo. Cette batterie est divisée en plusieurs groupes, réunis en quantité. Un commutateur permet de prendre le nombre de groupes nécessaire, et un rhéostat à charbon sert à régler exactement l'intensité.

Ce procédé sert à fabriquer des réservoirs métalliques, des tonneaux étanches pour le

transport des liquides dangereux. Il est employé au Creusot pour réparer les pièces présentant des soufflures et au chemin de fer du Nord pour un usage analogue.

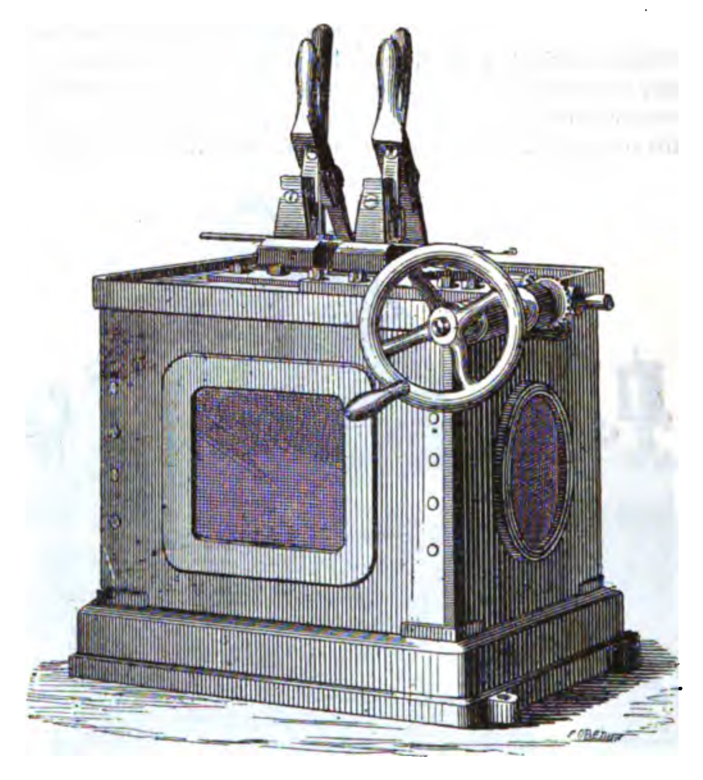


Fig. 880. — Table à souder.

SOUNDER OU PARLEUR. — Récepteur télégraphique dans lequel on lit la dépêche au son (Voy. Télégraphie militaire).

SOUPAPE ÉLECTRIQUE. — Appareil imaginé par M. Gaugain pour montrer que l'électricité passe d'une électrode en partie couverte d'un enduit isolant à une électrode nue, mais non en sens inverse. Voy. aussi Holtz (Tube de).

Dans la franklinisation, on emploie sous ce nom une pointe reliée au sol, qu'on place à une distance fixe du sujet, pour diminuer le potentiel auquel il est porté.

SOURDINE. — Disposition employée pour atténuer le bruit produit par le vent sur les fils télégraphiques ou téléphoniques ; ce bruit est dû aux vibrations longitudinales des fils et à leur frottement sur les supports. Le plus souvent, on coupe le fil en face de l'isolateur et l'on arrête chaque bout sur un anneau en porcelaine B, au centre duquel il s'engage à travers une plaque de caoutchouc (fig. 881) ; un câble solide A en fil de cuivre, recouvert d'un tube de caoutchouc, est fixé sur la gorge de l'anneau et rattaché à l'isolateur voisin. Un petit fil de cuivre C, recouvert de gutta-percha et non tendu, est

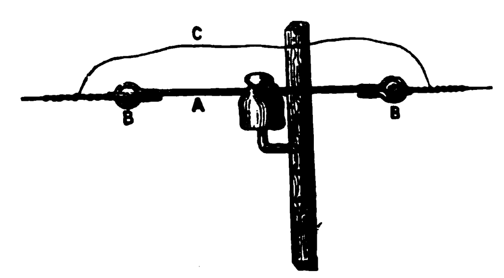


Fig. 881. — Sourdine.

soudé aux deux sections du fil de ligne pour établir la communication.

SOUTIRER L'ÉLECTRICITÉ. — Faire écouler l'électricité par une ou plusieurs pointes.

SPECTRE MAGNÉTIQUE. — Voy. Fantôme magnétique.

SPECTRO-TÉLÉGRAPHIE. — Méthode de télégraphie optique imaginée par M. La Cour (Voy. Télégraphie).

SPHYGMOPHONE. — Appareil imaginé par le Dr Boudet de Pâris pour appliquer le microphone à l'étude du pouls et des bruits de la circulation. Le microphone (fig. 882) est formé de deux charbons HD. Le charbon inférieur H

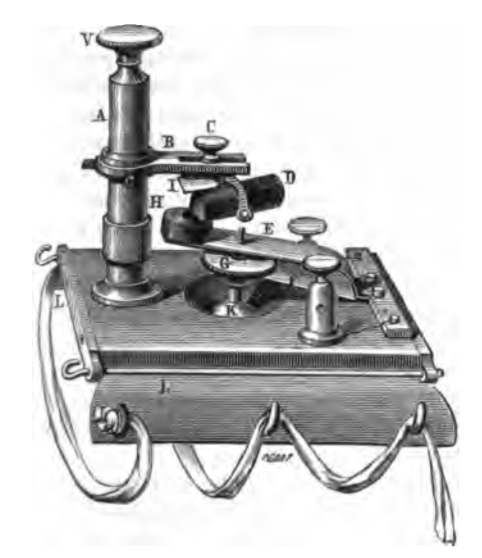


Fig. 882. — Sphygmophone.

est fixé à l'extrémité d'un ressort E, qui se trouve en contact avec la partie supérieure d'un bouton explorateur K, réglé par l'écrou G. Le charbon supérieur D, suspendu par son centre de gravité, est appuyé sur le charbon H par un papier I plié en deux et faisant ressort. Le bouton C permet de régler la position des charbons. L'appareil se fixe sur le bras par un cordon.

SPIRALE DE ROGET. — Appareil montrant les attractions des courants parallèles et de même sens.

SPIROGRAPHE. — Appareil électrique imaginé par M. Holmgrem et servant à enregistrer les mouvements respiratoires.

SPOT. — Image donnée sur un écran par le miroir du récepteur sous-marin de Thomson.

SPRING-JACK. — Syn. de JACK-KNIFE.

STATION CENTRALE. — Usine produisant l'électricité et la distribuant aux abonnés pour l'éclairage, la force motrice, etc.

Nous avons indiqué plus haut les différentes solutions proposées jusqu'à ce jour pour réaliser cette distribution (voy. ce mot). Il nous reste donc seulement à décrire sommairement l'installation de ces stations. Nous choisirons quelques exemples parmi les plus récents.

La composition d'une station centrale varie avec les circonstances locales auxquelles on doit se plier; il est donc impossible d'indiquer des règles fixes. Remarquons cependant que l'éclairage ne peut être interrompu pour aucun motif : on doit donc toujours avoir un matériel de réserve suffisant pour parer à tous les accidents et assurer le service dans tous les cas. La consommation variant suivant les heures, il faut pouvoir régler la marche des machines suivant les besoins. Il est bon de disposer ces machines de sorte que chacune d'elles puisse alimenter l'un quelconque des circuits ou plusieurs à la fois ; on peut ainsi ne mettre en marche que le nombre de machines nécessaire, suivant l'accroissement ou le ralentissement de la consommation. Dans ce but, la station comprend, outre les dynamos et les moteurs qui les actionnent, un *tableau de distribution* (Voy. ce mot) qui permet d'effectuer toutes les combinaisons possibles entre les dynamos et les circuits et qui renferme en outre les instruments de mesure nécessaires pour assurer la régularité du service.

Les stations centrales ont été d'abord établies aux États-Unis, où elles se sont multipliés assez rapidement, le prix du gaz étant généralement très élevé. En Europe, elles ont fait leur apparition beaucoup plus tard et se sont peu répandues jusqu'à présent : on n'en trouve guère qu'en France, en Allemagne et en Italie. Elles sont très coûteuses à établir, parce qu'elles exigent un local assez vaste, qui doit être ordinairement situé dans un quartier assez central, où le terrain est cher. En outre, l'établissement de la canalisation est onéreux ; la station est généralement établie à l'origine pour un nombre de lampes plus grand que celui dont on a besoin, et les appareils ne fonctionnent d'ordinaire que pendant un petit nombre d'heures chaque jour. De plus l'exploitation en Europe est souvent défectueuse, les frais généraux sont exagérés, des extinctions se produiduisent encore quelquefois. Enfin les électriciens ont le tort de rester trop exclusivement sur le terrain économique et de ne pas faire valoir suffisamment les avantages nombreux de leur système d'éclairage. Comme nous l'avons dit plus haut (Voy. ÉCLAIRAGE), la lumière électrique ne peut pas actuellement se vendre au même prix que le gaz. C'est une lumière de luxe, très supérieure aux autres au point de vue de l'éclairage, de l'hygiène et du confort ; mais ces avantages doivent se payer. Il est d'ailleurs impossible de fixer le prix de revient de l'éclairage par stations centrales,

car il dépend de circonstances multiples : importance de la station, étendue du réseau, système de distribution adopté, nature de la force motrice, durée moyenne de l'éclairage, cahier des charges, etc.

Station de Saint-Étienne. — Cette station, établie à la fin de 1885, et comprenant actuellement environ 5 500 lampes à incandescence, est une application du système Edison. L'usine, placée au centre de la ville, renferme 4 chaudières genre Farcot et 4 moteurs compound, à détente, pouvant développer 70 à 75 chevaux à la pression de 6 kilogrammes. Ces machines peuvent marcher ensemble ou séparément et commandent un arbre unique qui reçoit les transmissions de 7 dynamos Edison, de 120 volts et 375 ampères, dont une sert de rechange.

La canalisation est à trois fils (Voy. Montage) sous une tension de 225 à 230 volts. Les dérivations des lampes sont établies sur les conducteurs principaux ou feeders, qui partent du tableau de distribution. Il y a actuellement deux circuits de feeders disposés de façon que la différence de potentiel soit à peu près la même pour toutes les lampes.

Le premier circuit contient en dérivation, à l'usine, un électro-aimant à grande résistance dont l'armature est maintenue par un ressort. Lorsque la différence de potentiel aux extrémités du groupe de feeders tend à s'écarter de 100 volts dans un sens ou dans l'autre, l'armature vient rencontrer l'un des deux contacts placés de chaque côté, et ferme un circuit qui renferme une sonnerie et une lampe bleue ou rouge. La sonnerie avertit le mécanicien et la couleur de la lampe lui indique dans quel sens il doit faire le réglage. L'autre circuit est muni d'un voltmètre, que le mécanicien surveille constamment. Le réglage se fait en intercalant des résistances de maillechort entre les feeders et la machine ; on le termine en agissant sur la résistance du circuit inducteur.

Les lampes sont du type Edison de 16 bougies. Les abonnés payent 6 centimes par lampe-heure.

Station de Tours. — Fondée en 1886, cette station, qui comporte environ 2,000 lampes à incandescence, est une application des transformateurs Gaulard et Gibbs. Elle comprend 2 machines Weyher et Richemond d'une puissance nominale de 100 et 150 chevaux et 3 dynamos Siemens à courants alternatifs, dont une sert de rechange, excitées par 3 machines Siemens à courant continu.

Il y a deux circuits primaires, d'environ 1 700 mètres chacun, sur lesquels les transformateurs sont disposés en quantité : la tension aux bornes des machines est 850 volts. Les lampes sont des systèmes Swan et Woodhouse et Rawson ; elles absorbent 48 volts et donnent 10 ou 16 bougies, suivant qu'elles consomment 0,6 ou 1 ampère.

Les abonnés payent 5 centimes par lampe-heure de 16 bougies, avec un minimum de 4 heures d'éclairage par lampe et par jour. L'usine ne fonctionne que depuis la tombée de la nuit jusqu'à minuit et demi ; hors de ces limites, il est impossible d'allumer les lampes ou d'employer le courant à un autre usage. Il faudrait pour cela maintenir constamment une machine en marche, ce qui augmente beaucoup les frais, ou employer des accumulateurs, ce qui est impossible avec les courants alternatifs exigés par les transformateurs.

Nous avons donné plus haut (Voy. Éclairage) quelques détails sur les stations centrales récemment établies à Paris.

Pour terminer cet article, nous croyons utile de rappeler que le conseil d'hygiène et de salubrité de la Seine s'est préoccupé récemment de savoir s'il ne conviendrait pas de classer les stations d'electricité parmi les établissements insalubres ou incommodes, à cause des inconvénients qu'elles présentent. Le conseil a conclu, sur un rapport de M. Michel Lévy, qu'il y avait lieu de classer les grandes usines d'électricité, qui sont devenues assez nombreuses dans le département de la Seine pour mettre en jeu une force totale de 10 000 chevaux-vapeur ; la même décision a été prise pour les grandes usines de production de force motrice.

Station centrale télégraphique ou téléphonique. — Syn. de poste ou de bureau central télégraphique ou téléphonique. (Voy. Télégraphie et Téléphonie).

STATIQUE (Électricité). — Voy. Électricité.

STEARN (Système). — Système de transmission télégraphique duplex, imaginé par Stearn. (Voy. Transmission télégraphique simultanée.)

STÉGANOTÉLÉGRAPHIE ou **STÉNOTÉLÉGRAPHIE.** — Système télégraphique imaginé par M. Cassagnes, en 1886, pour l'expédition rapide des dépêches météorologiques ou autres, et dans lequel la dépêche est reproduite en signes sténotélégraphiques. La sténotélégraphie est basée sur la combinaison de la sténographie mécanique et de la télégraphie. Elle peut s'appliquer à toute machine sténographique à clavier, mais elle a été surtout disposée pour la machine Michela, qui représente tous les sons

d'une langue quelconque à l'aide de vingt signes et de leurs combinaisons, imprimés en petites lignes distinctes sur une bande de papier. Ces lignes se lisent de gauche à droite.

L'appareil de M. Cassagnes permet d'obtenir, à une station éloignée et avec la même vitesse, la bande sténographique que la machine Michela produit sur place. Le clavier de la machine est placé au départ, les poinçons à l'arrivée, et les deux pièces sont réunies par la ligne.

Le poste transmetteur (fig. 883) est muni d'un clavier de vingt touches, portant des contacts électriques reliés alternativement aux pôles positif et négatif de deux piles PP', mises à la terre par leurs autres pôles. Ces touches communiquent respectivement avec les vingt segments isolés d'un distributeur circulaire D, sur lequel tourne uniformément un frotteur F relié avec la ligne, et qui la met en rapport successivement avec les différents segments.

A l'arrivée, la ligne aboutit à un second frotteur F', qui tourne sur un distributeur D' semblable au premier, et dont les segments sont en connexion avec les relais polarisés $R_1, R_2, R_3, \ldots R_{20}$ (fig. 884). Pour les petites distances, les deux postes peuvent être réunis par un câble de 20 fils, dont le prix est possible pratiquement jusqu'à une distance de 2 à 3 kilom.

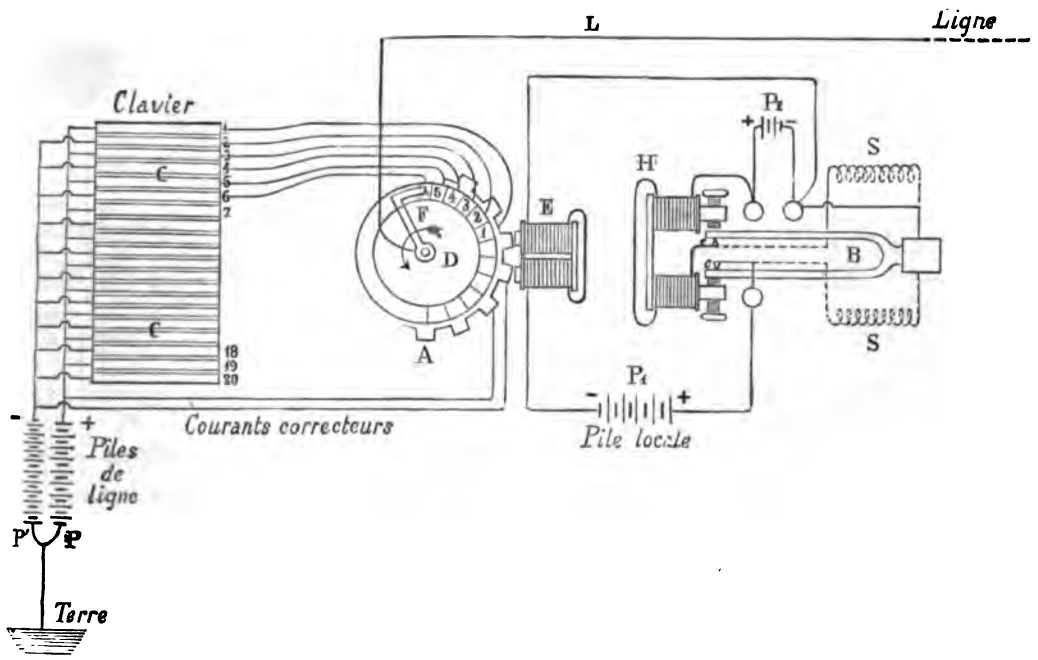


Fig. 883. — Poste de transmission.

Si les deux appareils sont parfaitement synchrones, le courant émis au départ par l'abaissement d'une touche est reçu à l'arrivée dans le relais correspondant. L'armature de ce relais est attirée et ferme le circuit d'une pile locale P'_3, qui actionne les poinçons de l'appareil imprimeur. Pendant un tour du frotteur, tous les signes sténographiques correspondant aux touches abaissées s'impriment sur une même ligne. La bande de papier avance alors d'une petite quantité, ce qui lui permet de recevoir une nouvelle ligne de caractères, et ainsi de suite.

L'organe imprimeur I se compose de vingt poinçons, portant les mêmes signes sténographiques que les touches du manipulateur. Chacun des poinçons p est commandé par l'armature d'un des électro-aimants e, intercalé avec la pile P'_3 dans un circuit aboutissant d'une part à la borne V, de l'autre à l'un des buttoirs V_1, V_2, V_3, etc. Quand l'armature du relais R correspondant se trouve attirée, c'est-à-dire lorsque, à l'autre poste, on appuie sur la touche portant le même signe, ce circuit se trouve fermé, et le poinçon s'appuie sur la bande de papier, qui est enroulée autour de G et passe au-dessus des poinçons.

Après l'impression, les relais sont rappelés à l'aide de courants locaux. Quand le dernier des relais de la combinaison est rappelé, aucun

courant ne traverse plus le circuit de P'_3; l'armature de l'électro-aimant M, placé dans le même circuit, est alors abandonnée, et le papier avance d'un interligne. L'appareil est prêt à recevoir une nouvelle combinaison de signaux. Après chaque émission, la ligne se trouve mise à la terre automatiquement.

Nous avons supposé les deux frotteurs parfaitement synchrones ; ce synchronisme est obtenu au moyen de la roue phonique de M. La Cour.

Le frotteur F est calé sur l'axe d'une roue dentée A en fer doux, qui porte une cuvette pleine de mercure destinée à servir de volant. L'électro-aimant E, placé en regard de cette roue, reçoit de la pile P_1 un courant périodiquement interrompu par l'électro-diapason B; le mouvement du diapason est entretenu par la pile P_1 et l'électro H. Les bobines de résistance SS empêchent les étincelles de rupture. La roue A est d'abord lancée à la main, puis elle continue à tourner régulièrement, grâce aux attractions successives que les dents subissent en passant devant l'électro-aimant E, qui est tour à tour aimanté et désaimanté.

Le poste récepteur est muni d'un système absolument identique, servant à entraîner le

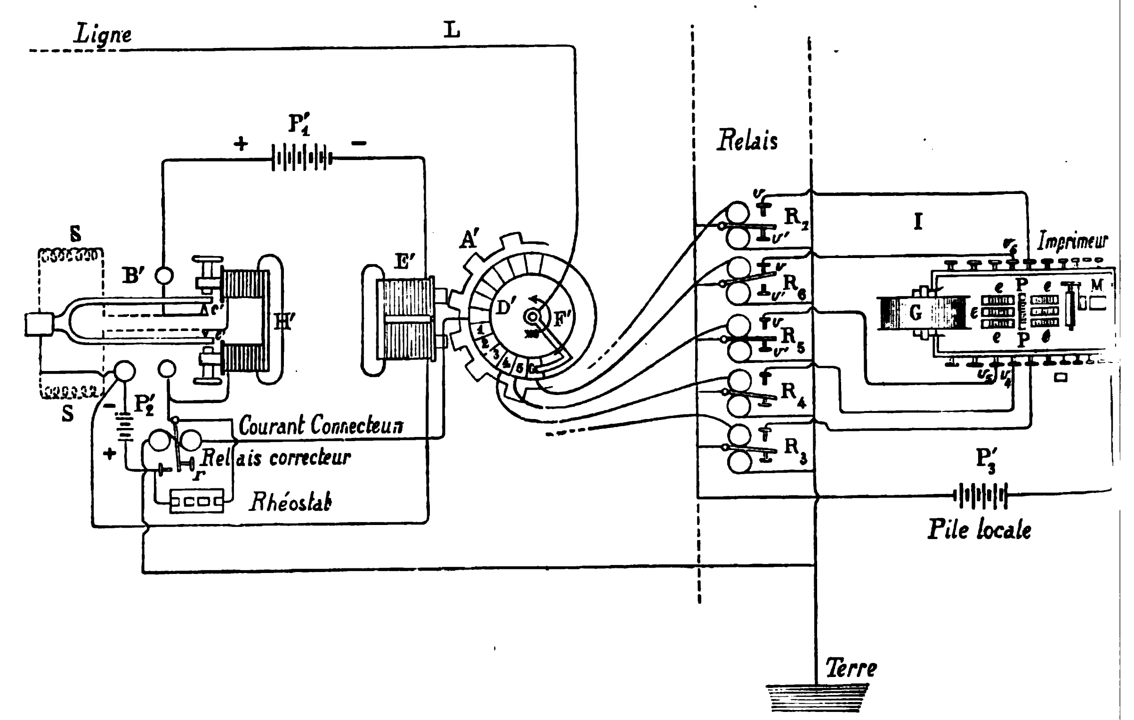


Fig. 884. — Poste de réception.

frotteur F'. Un système de correction remédie aux petites inégalités de vitesse qui peuvent se produire.

Les modèles les plus nouveaux sont munis d'un récepteur un peu différent, qui est destiné à fournir des bandes portant non plus des signes sténographiques conventionnels, mais des lettres en caractères typographiques. Comme le transmetteur n'est pas modifié, le récepteur ne donne pas l'orthographe usuelle ; toutes les lettres inutiles sont passées.

Ce nouveau récepteur (fig. 885) comprend quatre roues des types r, r_1, r_2, r_3, montées à frottement sur l'arbre A : la première, affectée à la première consonne de chaque syllabe, porte 26 caractères ; la seconde est destinée à la deuxième consonne de chaque syllabe et la troisième aux voyelles ; elles portent chacune 11 caractères ; enfin la dernière, qui est munie de 26 caractères ; imprime la dernière consonne de chaque syllabe. Chacune de ces roues est munie d'un limaçon S, portant des dents en nombre égal à celui des caractères de la rou correspondante.

Le distributeur communique, comme dans les anciens modèles, avec les 20 électros E, E_1, E_2,... munis d'armatures a, a_1, a_2... Chacune de ces armatures porte une tige t, t_1, t_2,...

qu'un ressort maintient engagée, au repos, dans une encoche, e, e_1, e_2,... d'une glissière horizontale G, G_1, G_2... Un ressort à boudin R tend à entraîner les glissières vers la gauche.

L'arbre A, qui porte les roues des types, est placé devant ce jeu de 20 glissières. Chaque limaçon S est calé par rapport à la roue correspondante de telle sorte que, si une dent quelconque de la spirale est arrêtée par une des glissières horizontales, la lettre qui correspond à cette dent se trouve en ce moment précis sous le tampon d'impression T. Par conséquent, si l'on abaisse une touche du clavier, l'armature de l'électro correspondant est attirée, la tige verticale déclenche la glissière, que le ressort à boudin entraîne vers la gauche. A ce moment, l'extrémité de la glissière se trouve à une distance de l'axe A déterminée par les vis de réglage V, V_1, V_2... Si l'on déclenche alors le système des roues des types, l'extrémité de la glissière arrêtera la dent de la spirale située à la même distance qu'elle-même de l'axe de rotation. L'appareil est réglé pour que la lettre correspondante se trouve alors sous le tampon T.

Si l'on transmet une syllabe, les quatre glis-

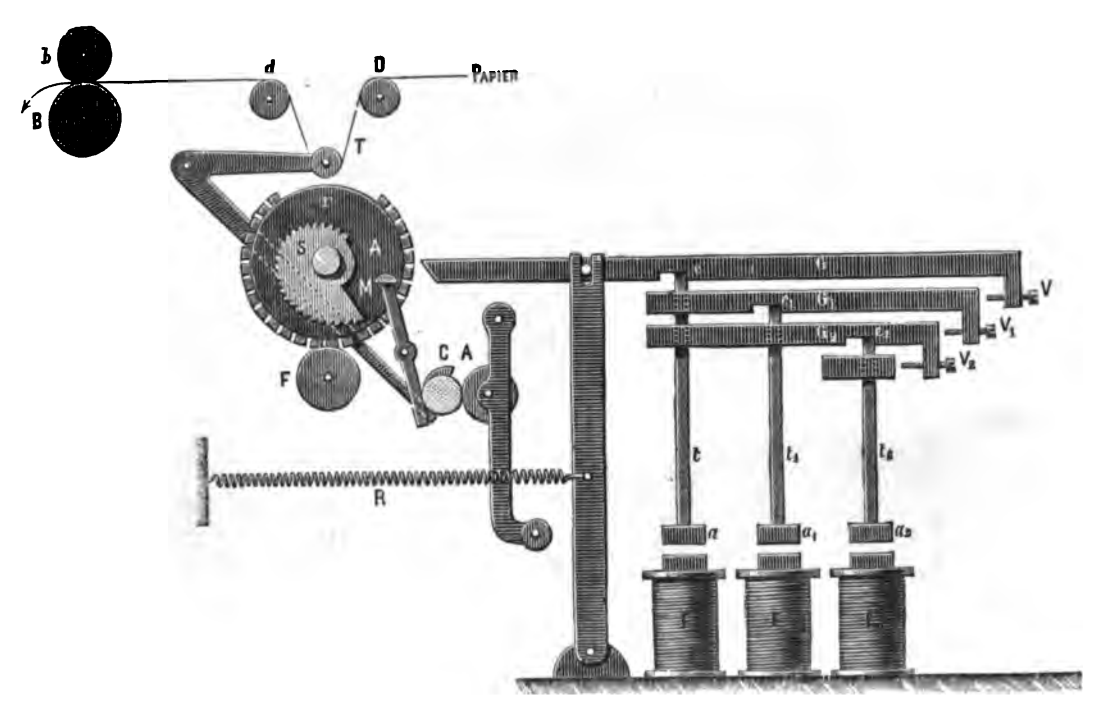


Fig. 885. — Schéma du récepteur Cassagnes (nouveau modèle).

sières correspondantes s'avancent vers les roues des types ; chacune d'elles arrête une dent d'une des spirales, et les quatre lettres s'impriment simultanément ; c'est l'arbre A′, muni de cames C convenablement disposées, qui donne le coup d'impression; d'autres cames, fixées sur le même arbre, repoussent ensuite les glissières, qui reprennent leur position de repos. Les roues des types, entraînées par l'arbre A, achèvent leur rotation et sont arrêtées au blanc par un taquet M, qui les maintient dans cette position, tandis que l'arbre tourne fou. En même temps une came spéciale fait avancer le papier d'un interligne.

Si une roue des types n'est pas employée dans une syllabe, elle fait un tour sans s'arrêter. Si deux ou trois touches doivent être frappées simultanément pour produire une certaine lettre, les déplacements individuels des glissières s'ajoutent les uns aux autres, et permettent d'arrêter la dent convenable.

La figure 886 montre l'ensemble de ce récepteur.

Enfin, M. Cassagnes a introduit diverses modifications permettant d'accroître encore le rendement. On peut transmettre ainsi jusqu'à 200 mots par minute, ce qui permet de suivre la parole d'un orateur quelconque, le débit

variant de 80 à 180 mots, soit 130 en moyenne.

L'appareil peut aussi transmettre en orthographiant, mais le rendement est réduit d'environ 30 p. 100.

Pour la transmission à grande distance, le câble à 20 fils serait trop coûteux. On se sert alors toujours d'un seul fil, mais l'appareil de transmission est modifié. Le clavier commande un perforateur à 20 poinçons, qui perce dans une bande de papier de petits trous carrés, convenablement distribués. Cette bande passe ensuite dans un transmetteur, muni de 20 leviers ap-

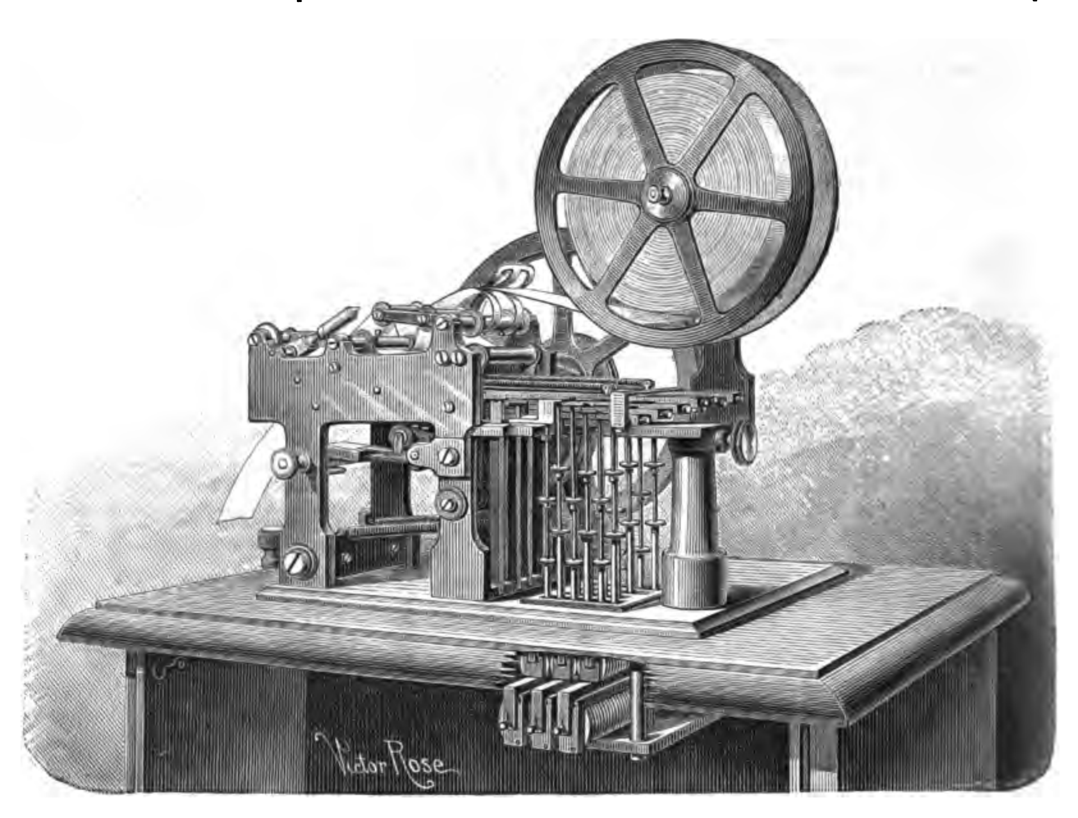


Fig. 886. — Vue d'ensemble du récepteur Cassagnes.

puyés par des ressorts. Quand les leviers rencontrent les perforations, ils émettent des courants que le distributeur répartit sur la ligne.

STÉTHOSCOPE MICROPHONIQUE. — Le stéthoscope sert à étudier les bruits des poumons, du cœur et des vaisseaux. Le Dr Boudet de Pâris a appliqué le microphone à cette étude. Le pavillon B s'applique au point étudié (fig. 887), et communique avec un tambour fermé par une vessie T parfaitement tendue, qui porte l'un des charbons C' du microphone. L'autre charbon C peut tourner autour d'un axe horizontal : pour régler la sensibilité, ce charbon porte une aiguille aimantée sur laquelle agit la vis M également aimantée, et dont on peut faire varier la distance.

La boîte qui protège le microphone contient aussi une pile P au chlorure d'argent, et un téléphone récepteur qu'on attache aux deux bornes extérieures. Pour les bruits des vaisseaux, on remplace le pavillon B par le tambour A, fermé par une membrane tendue, au centre de laquelle est fixé un bouton d'ivoire qu'on applique sur le vaisseau à explorer.

M. Ducretet a construit un appareil analogue (fig. 888). T' est un tambour explorateur à membrane vibrante de Marey, communiquant par le tube *cc'* avec un autre tambour T identique, qui porte la plaque de charbon P du microphone. Le crayon C de même substance appuie plus ou moins fortement sur cette plaque, suivant la position du contre-poids PO. Le microphone est placé dans un circuit contenant une pile et un téléphone.

STRATES, STRATIFICATIONS ou **STRIES.** — Lorsqu'un tube à gaz raréfié ou un œuf élec-

trique renferme de l'hydrogène ou un autre gaz combustible, la lueur observée se compose de couches parallèles alternativement brillantes et obscures, qu'on appelle stratifications. Ce phénomène paraît dû à l'intermittence de la décharge. Si on l'examine avec un miroir tour-

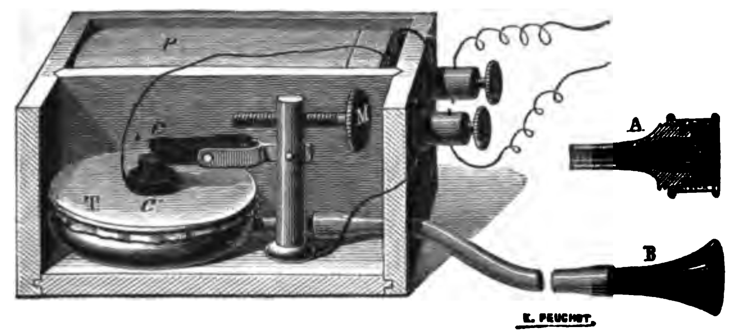


Fig. 887. — Stéthoscope microphonique du Dr Boudet de Pâris.

nant, les stries semblent partir alternativement des deux pôles. Chaque décharge n'est pas un phénomène continu, elle est due à une série d'oscillations alternativement de sens contraire. Les stratifications ont été étudiées par MM. Gassiot, Spottiswoode, Warren de la Rue et Müller. La figure 889 montre quelques-unes des apparences obtenues par M. W. de la Rue.

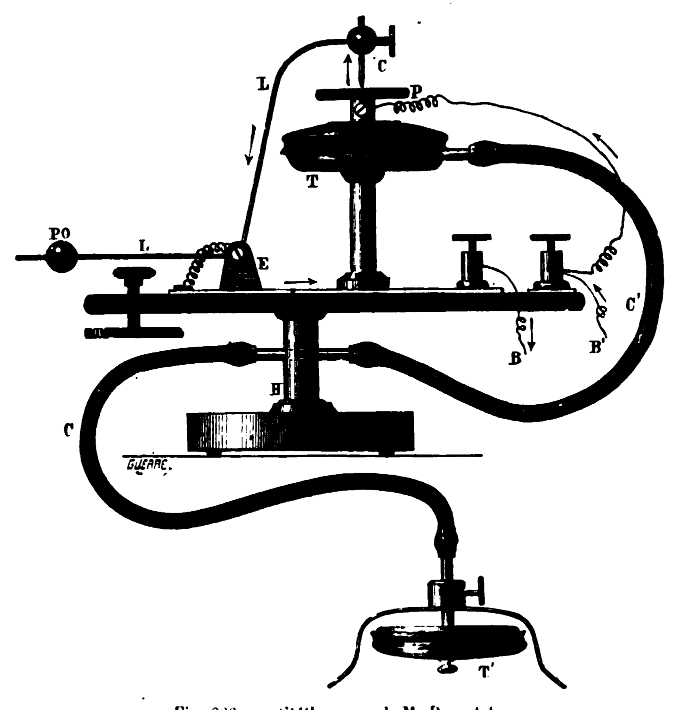


Fig. 888. — Stéthoscope de M. Ducretet.

SURFACE ÉQUIPOTENTIELLE ou de **NIVEAU**. — Surface dont tous les points sont au même potentiel (Voy. Équipotentiel).

SURFACE (Montage en). — Voy. Montage et Couplage.

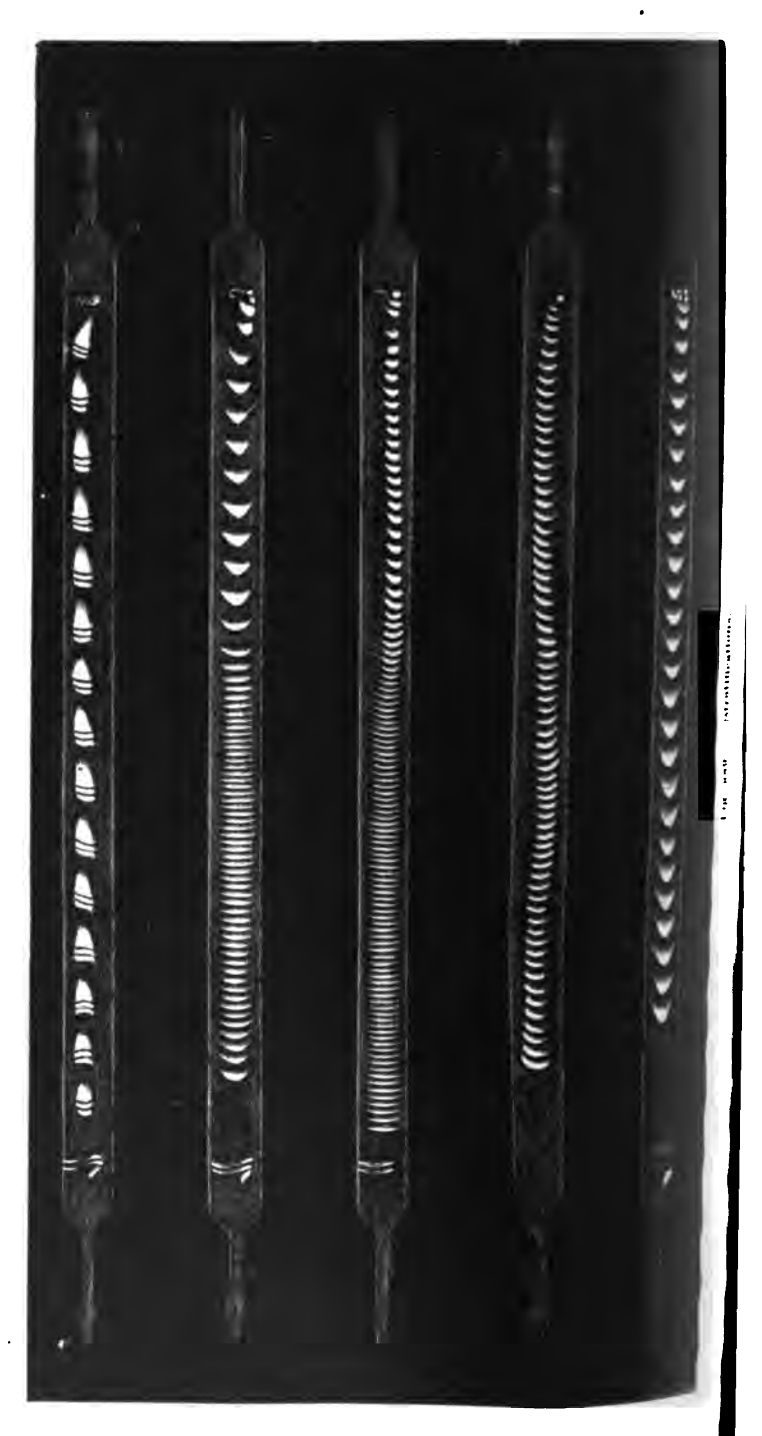
SURSATURATION MAGNÉTIQUE. — État d'un aimant auquel on a donné une aimantation plus grande que celle qu'il peut conserver normalement. (Voy. Saturation.)

SUSCEPTIBILITÉ MAGNÉTIQUE. — Syn. de coefficient d'aimantation. (Voy. Aimantation.)

SUSPENSION BIFILAIRE. — Voy. Bifilaire.

SYNCHRONISATION DES HORLOGES. — Voy. **Horloge.**

SYNCHRONISATION DES ...
M. Deprez a pu résoudre ce pr...



mouvements de rotation, dont la vitesse ne dépasse pas quarante tours par seconde. Il se sert d'un transmetteur et d'un ... premier est formé de deux ...

ınt sur le même axe et croisés à an-
ui renversent le courant chacun deux
ır ; les positions de l'axe qui corres-
ces inversions se suivent ainsi à des
d'un quart de tour, et les deux fils
ıt de l'appareil sont parcourus par
ıts *a* et *b*, dont les alternances for-
ıaque tour les quatre combinaisons
:

$$-b \quad +a-b \quad -a-b \quad -a+b$$

ɔteur est formé de deux bobines Sie-
ʹ, fixées aussi à angle droit sur un
, se confondant avec l'axe d'un aimant
t, entre les branches duquel tournent
s. Quand elles sont traversées par des
courants de même intensité, mais de s
quelconque, elles se placent dans une pos
telle que l'angle droit de leurs noyaux soit
séqué par la ligne des pôles, et à chaque c
binaison de courants correspond une seule
tion d'équilibre. Par suite, l'axe du récep
suit tous les mouvements de celui du tr
metteur, à un quart de tour près et dans
deux sens. Un mouvement quelconque pou
être regardé comme la résultante de deux n
vements de rotation, on peut, grâce à l'adj
tion d'un mécanisme simple, transmettre à
tance un mouvement de grandeur et
direction quelconque, et par suite le dessi
l'écriture.

T

D'AMPÈRE. — Appareil servant à ré-
expériences d'Ampère sur l'électro-
e (Voy. ce mot).

D'ÉLECTROTHÉRAPIE. — Table por-
les appareils nécessaires pour la gal-
n et la faradisation et permettant de
es les mesures nécessaires en électro-
telles que celles de l'intensité et de
ıce de potentiel du courant qui tra-
ıalade. La maison Bréguet a construit
alpêtrière une table de ce genre dont
ition rappelle celle de la table de me-
crite plus haut.

DE MESURES. — Voy. MESURES et
WHEATSTONE.

ıAU DE DISTRIBUTION. — Tableau
ɛs des dynamos et portant tous les ins-
; de contrôle et de mesures nécessaires
urer la régularité du service dans une
on d'éclairage ou une distribution d'é-
ectrique. La composition de ce tableau
ɛc le nombre des dynamos et des cir-
nature des brûleurs, le mode de mon-
heures d'allumage et d'extinction, etc.
au de distribution renseigne le méca-
ır la marche de l'éclairage et lui per-
'ermer et d'ouvrir les différents circuits
'oduire les résistances nécessaires. Il
: disposé pour qu'on puisse envoyer le
d'une quelconque des dynamos dans
lconque des circuits, condition essen-
cas d'accident.

Comme exemple, nous donnons d'abor
tableau employé dans les installations d
Société Cance (fig. 890). Un ampèremètre do
l'intensité du courant ; un voltmètre fait c
naître la différence de potentiel aux bor
lorsqu'on appuie sur le bouton placé au-c
sous. Dans le montage en dérivation, cha
circuit de lampes contient un rhéostat, ce
permet d'avoir avec un seul générateur
lampes d'intensité différente, et un indicat
de marche (Voy. ces mots). Le rhéostat p
aussi être placé dans le circuit d'excitation.
coupe-circuit et des interrupteurs complèt
ce tableau.

Le tableau de distribution de M. Bar
(fig. 891) diffère un peu du précédent. La li
est à trois fils, comme dans le système de d
tribution Edison. Un ampèremètre donne l
tensité. Deux voltmètres permettent de pren
la différence de potentiel sur l'un ou l'autre pc
en appuyant sur les boutons placés au-desso
On pourrait n'employer qu'un seul voltmèt
qu'on placerait à volonté en dérivation sur c
cun des deux ponts. Les commutateurs placés
bas au milieu permettent de placer les lamp
arc sur l'un ou l'autre pont, et d'intercaler l'a
pèremètre dans chaque circuit. Enfin cha
circuit contient un indicateur de marche et
rhéostat. Les rhéostats Bardon sont forn
d'un fil de maillechort enroulé sur un ca
muni de traverses isolées par une couche d
miante, et disposé de manière que les dif

rentes spires ne puissent se toucher. Au-dessous est un curseur, mobile sur une règle horizontale, et qu'on déplace pour faire varier la résistance. Le réglage obtenu, on fixe le curseur à l'aide d'un écrou.

La figure 892 représente un tableau de distribution pour laboratoires : toutes les communications sont visibles. Quand on veut utiliser directement le courant de la dynamo, on place les fiches *ff* dans les trous de I', et l'on tourne la manette de I'''' sur le circuit qu'on veut alimenter; le fil de retour commun revient à gauche. Les rhéostats RR', placés dans le circuit d'excitation et dans le circuit extérieur, permettent de régler l'intensité, qui est donnée par l'ampèremètre A. Le voltmètre V fait connaître la différence de potentiel aux bornes de la machine, quand on agit sur le poussoir I'. Enfin le

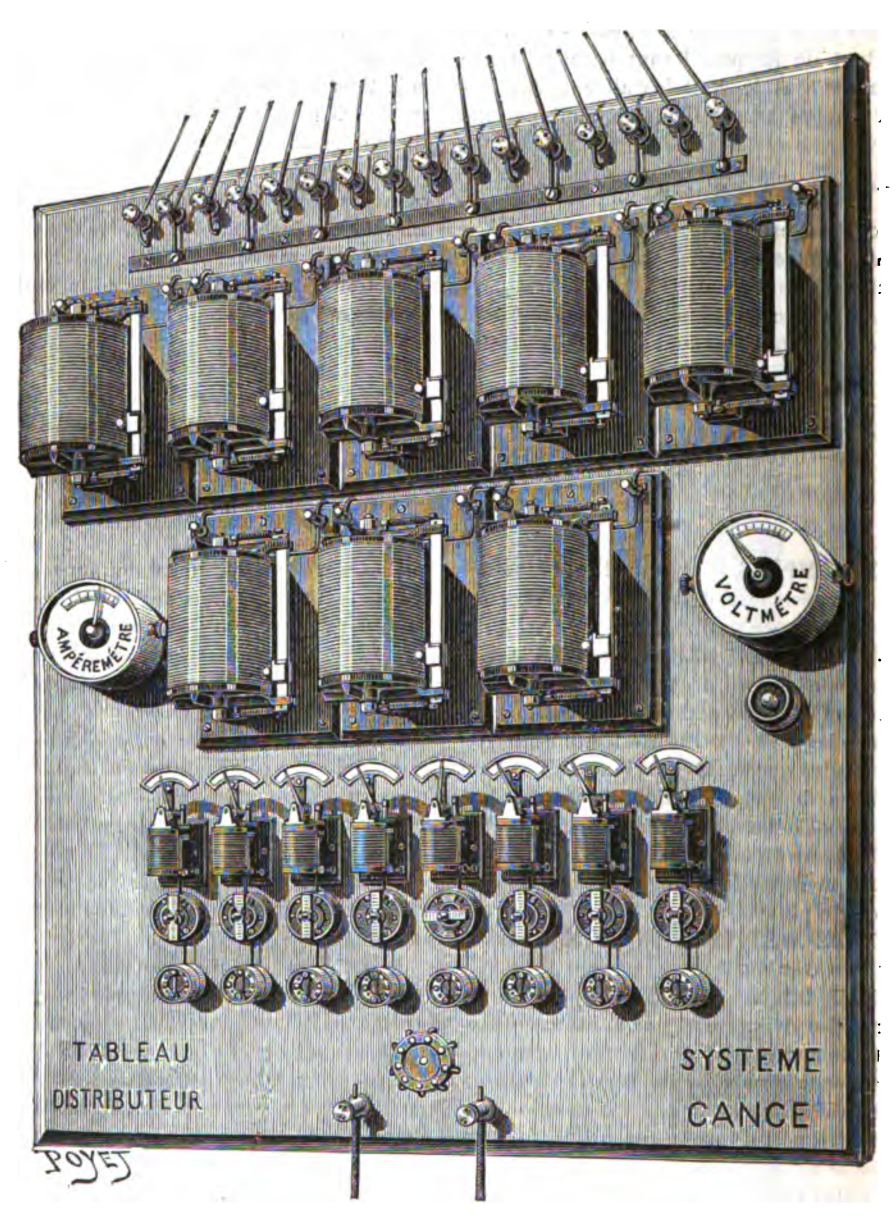


Fig. 890. — Tableau de distribution, système Cance.

commutateur I'' sert à charger une batterie d'accumulateurs, et à lancer le courant de ces appareils, soit dans les circuits extérieurs, soit dans la machine pour l'employer comme moteur.

TABLEAU INDICATEUR. — Appareil destiné, dans les installations de sonneries électriques d'une certaine importance, à faire connaître d'où vient l'appel.

Ce tableau contient autant de guichets qu'il y a de pièces à desservir; une sonnerie unique, jointe à l'appareil, sert à appeler l'attention, et le numéro ou le mot qui apparaît à l'un des guichets indique le lieu d'ou provient l'appel.

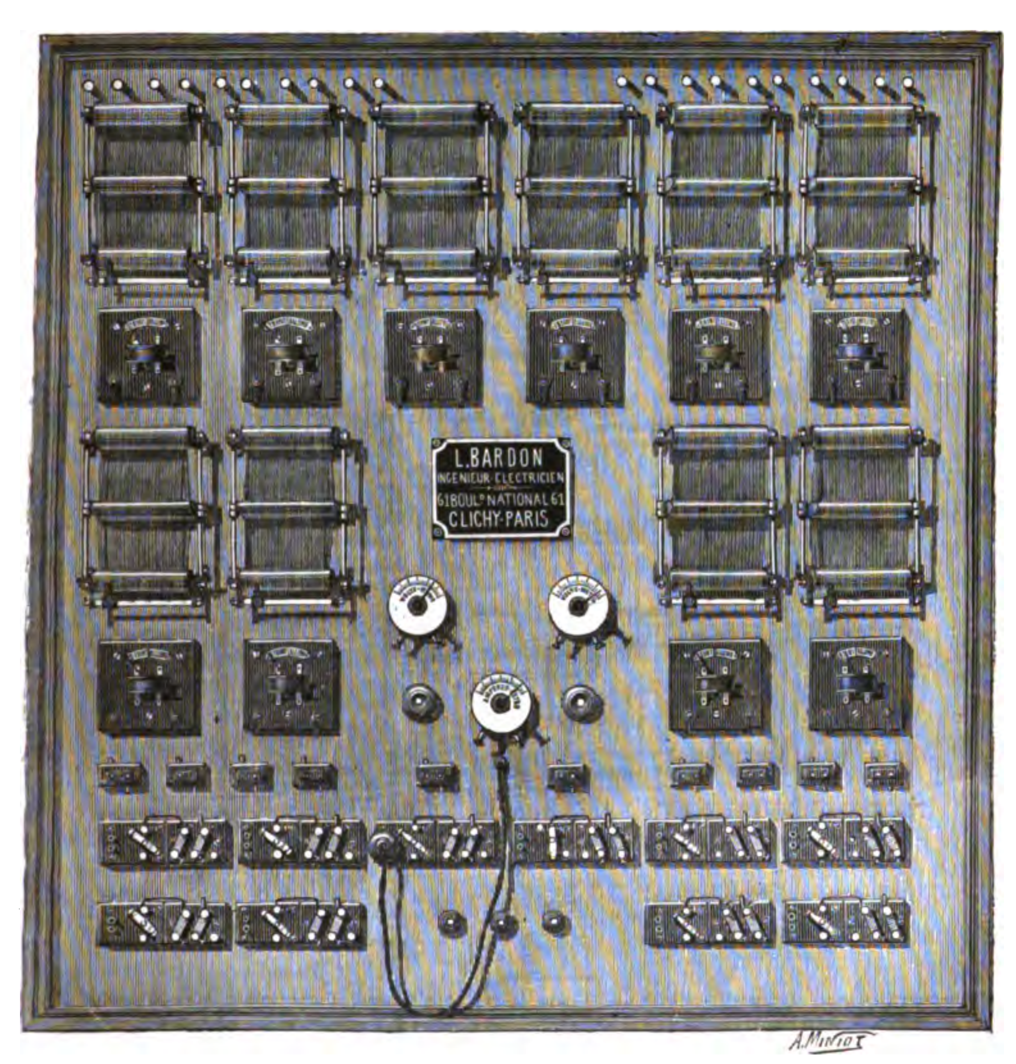


Fig. 891. — Tableau de distribution, système Bardon.

Il est formé d'une plaque opaque percée d'un certain nombre d'orifices. Derrière chacun de ces guichets (fig. 893) se trouvent deux petits électro-aimants, entre lesquels est suspendue une armature de fer doux, mobile autour d'un axe horizontal, et portant à sa partie supérieure une carte munie de l'indication nécessaire.

La figure 894 montre le mode d'installation. La pile est supposée renfermée dans une boîte. Le fil positif, figuré en pointillé, se divise pour aller aboutir à chaque bouton : de chacun de ces boutons part un fil de jonction qui va à la borne correspondante du tableau, et de là à l'électro-aimant situé à gauche du numéro correspondant; un fil unique relie au pôle négatif la borne T à laquelle s'attachent les autres ex-

trémités de tous ces électro-aimants. Enfin deux autres fils partant des pôles viennent s'attacher aux bornes C et Z du tableau et ferment le circuit nécessaire pour la disparition électrique des numéros après chaque appel. Ce circuit comprend tous les électro-aimants situés à la droite des guichets et un bouton interrupteur placé au bas du tableau.

Lorsqu'on appuie sur le bouton d'appel qui correspond au numéro 1, le courant passe dans la sonnerie et dans l'électro qui est à gauche de ce chiffre; celui-ci attire l'armature, qui bascule autour de son axe et amène le numéro devant son guichet. Quand on a constaté de quel point provient l'appel, on appuie sur le bouton placé à la partie inférieure du tableau, de manière à mettre en contact deux pièces métalliques qu'on voit au bas de la figure 893; cette opération ferme le circuit dérivé qui comprend tous les électros de droite sans la sonnerie, et, par suite, toutes les armatures étant attirées vers la droite, celles qui s'étaient déplacées reprennent leur position normale : l'appareil est prêt pour un nouvel appel.

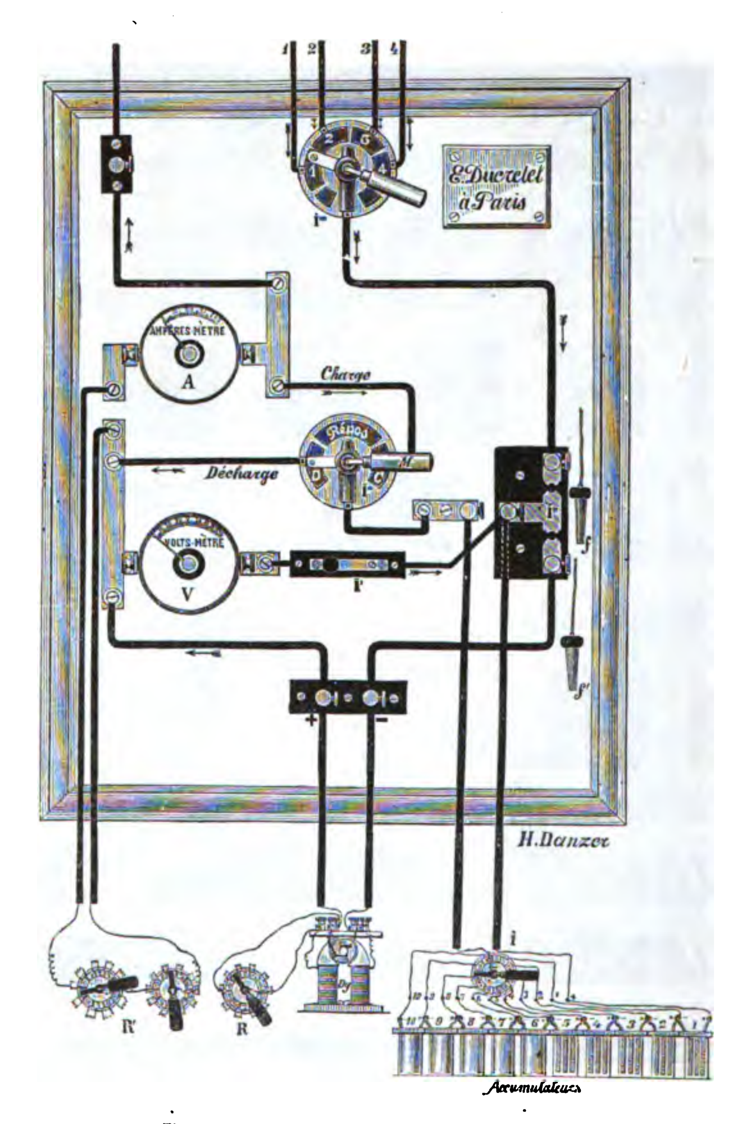


Fig. 892. — Tableau de distribution pour laboratoires.

TABLEAU UNIVERSEL. — Tableau indicateur imaginé par M. E. Michel, et qui, n'utili-

sant pas la pesanteur, peut fonctionner dans toutes les positions et servir dans tous les cas ; de là son nom.

Chaque numéro est formé de deux bobines (fig. 895), entre lesquelles peut tourner un axe vertical, portant à sa partie supérieure un petit

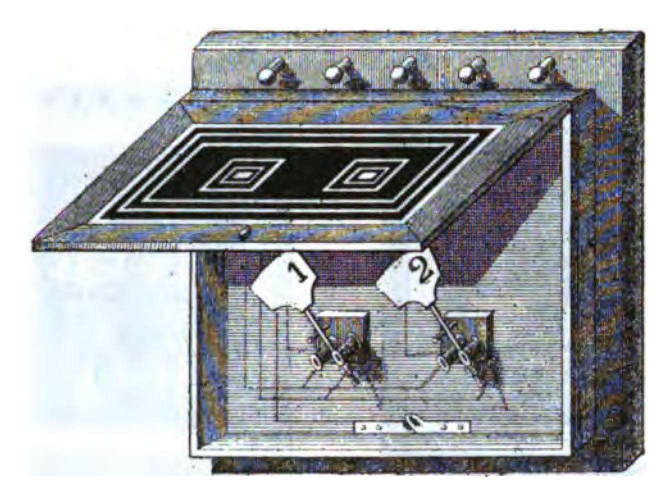


Fig. 893. — Tableau indicateur à deux numéros (Jarriant).

aimant horizontal et au-dessus une pince qui porte l'étiquette imprimée.

Les noyaux des deux bobines sont réunis par une culasse de fer doux comme dans un électro-aimant; mais les fils des bobines sont indépendants l'un de l'autre. L'une des bobines,

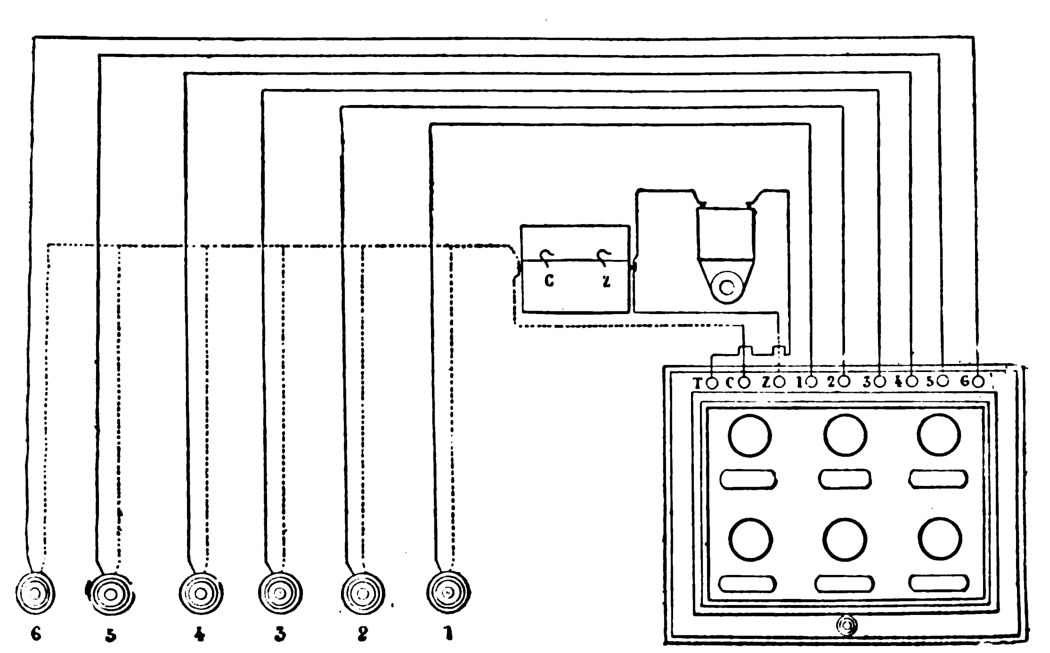


Fig. 894. — Installation d'un tableau indicateur à 6 numéros (Société des Téléphones).

celle de gauche par exemple, communique avec le bouton d'appel, l'autre avec le bouton de disparition. Au repos, l'étiquette montre sa face non imprimée (fig. 896). Lorsqu'on appelle, on lance le courant dans la bobine de gauche. Les noyaux prennent une polarité telle que l'aimant mobile est repoussé et fait presque un tour entier, jusqu'à ce qu'il vienne butter con-

tre l'une des bobines : l'étiquette montre la face imprimée. Pour effacer l'appel, on lance le courant dans la bobine de droite : les noyaux prennent une polarité opposée à la première

et l'aimant tourne en sens co…
sur la figure 895 que le mécan…
ment visible ; les étiquettes…
pince, se remplacent facilem…

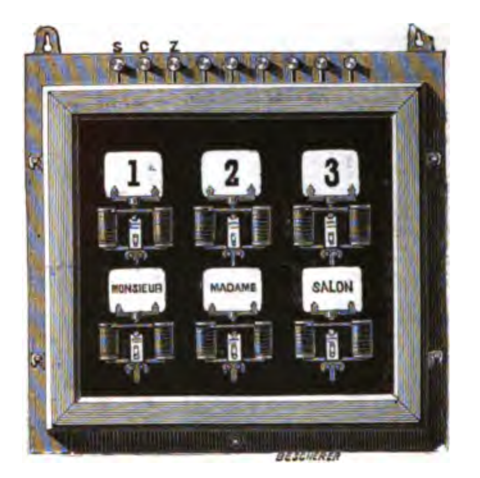




Fig. 895. — Tableau universel (E. Michel).

TABOURET ISOLANT. — Tabouret à pieds de verre sur lequel on place les personnes qu'on veut soumettre à la franklinisation.

TACHYGRAPHE. — Appareil télégraphique imprimeur rapide.

TACHYMÈTRE. — Appareil …
giné par M. Horn pour mesurer …
machine. Dans le plan d'un fort …
cheval tourne une capsule de …
mant une armature de fer dou…





Fig. 896. — Disposition d'un numéro (E. Michel).

des courants de Foucault, l'armature se déplace d'un angle qui est, au moins entre certaines limites, proportionnel à la vitesse. L'appareil est gradué empiriquement.

TACHYSCOPE. — Sorte de phénakisticope imaginé par M. Anschuetz, et dans lequel les images sont éclairées par un tube de Geissler. Les dessins sont tracés sur des disques, qu'on

dispose à la périphérie d'une roue …
vant tourner autour de son axe …
manivelle, et montée de plus sur …
roulettes. Cette roue porte encore …
taquets placés un peu au-dessous …
de chaque image. Quand on tourne …
ressort frotte sur ces taquets, …
constitue l'interrupteur d'une bob…

korff, dont le courant induit est lancé, à chaque contact, dans un tube de Geissler en spirale, placé derrière l'image, de façon à l'éclairer complètement. L'image est donc éclairée seulement au moment où elle passe devant les yeux des spectateurs, et la succession rapide de ces éclairages intermittents produit sur l'œil une impression plus vive qu'une lumière continue.

TANNAGE ÉLECTROLYTIQUE. — Malgré les efforts tentés pour réduire la durée du contact des peaux avec les matières tannantes, les opérations du tannage demandent encore aujourd'hui un minimum de six mois. Il y a longtemps qu'on a songé à faire intervenir l'électricité pour obtenir des résultats plus rapides. M. Crosse en 1850, M. Ward en 1860, puis M. Rehn firent des tentatives infructueuses.

En 1874, M. de Méritens imagina un dispositif, encore appliqué aujourd'hui dans une tannerie des environs de Saint-Pétersbourg, et qui permet, paraît-il, d'effectuer le tannage en trente-cinq jours. Dans le fond de la cuve, on place une plaque de charbon communiquant avec le pôle positif d'une dynamo, puis on empile des peaux recouvertes de tan, et à la partie supérieure on place une plaque de zinc formant le pôle négatif.

A la même époque, un autre procédé électrique fut imaginé par MM. Gaulard et Kresser. Puis, en 1887, deux Suédois appliquent les courants alternatifs aux peaux immergées dans une fosse contenant des jus tanniques et garnie de grandes électrodes en cuivre : la durée du tannage est réduite à quarante-cinq jours.

Un procédé plus récent donne encore de meilleurs résultats et permet d'obtenir un tannage complet en quelques jours, grâce à l'agitation des peaux dans le liquide tannique et à la circulation d'un courant électrique au sein de ce liquide.

Les opérations préliminaires ne sont pas modifiées. Elles comportent d'abord un lavage à l'eau pure pour enlever le sang et les saletés dont les peaux sont ordinairement souillées. C'est le *dessaignage*, qui dure deux ou trois jours pour les peaux fraîches, plus longtemps pour les peaux sèches ou salées. Le *pelanage* consiste dans l'action d'un lait de chaux qui diminue énormément l'adhérence de l'épiderme et des poils avec la peau, et permet de les enlever ensuite facilement à l'aide d'un rouleau d'ardoise (*débourrage*). On lave ensuite, puis on *écharne*, c'est-à-dire on enlève la chair et les impuretés qui adhèrent encore à la surface interne de la peau; vient ensuite le lavage proprement dit.

Dans le procédé électrique, les peaux sont placées dans une solution tannique, obtenue au moyen d'extraits d'écorce de chêne ou de châtaignier, dans un tambour cylindrique qui tourne autour d'un axe horizontal. Chaque tambour reçoit de 500 à 700 kilogrammes de peaux et 1 200 à 1 500 litres de liquide tannant, auquel on ajoute une petite quantité d'essence de térébenthine.

Le tambour est mis en rotation. En même temps on fait passer, dans un faisceau de huit fils de cuivre, disposés suivant les génératrices du cylindre et constamment baignés par le liquide tannique, le courant produit par une dynamo d'une intensité de 10 ampères et d'une force électromotrice de 100 volts.

Il résulte d'un rapport de M. Müntz que :

1° Dans les cuirs tannés par ce procédé, le tannin est bien combiné au cuir, de la même manière qu'il l'est avec le tannage ordinaire, et, par suite, on a bien affaire à du cuir réel jouissant de toutes ses propriétés ;

2° Malgré la courte durée du contact de la peau avec la matière tannante, presque tous les cuirs examinés sont tannés à fond, autant qu'ils le sont par les procédés de tannage ordinaires ;

3° Si quelques-uns des échantillons ont un tannage insuffisant, cela n'est attribuable qu'à ce que le temps du tannage a été par trop écourté ; quelques heures de séjour de plus dans les appareils eussent complété le tannage ;

4° Les peaux de diverse nature peuvent être tannées par ce procédé, avec la seule différence d'une durée plus ou moins longue ;

5° Le degré hygrométrique des cuirs tannés par ce nouveau procédé est sensiblement le même que dans les cuirs ordinaires.

En conséquence, il semble que ce procédé constitue un progrès considérable par la rapidité avec laquelle il transforme la peau en cuir. Ajoutons que cette méthode, utilisée dans une tannerie de Paris depuis quelques mois, fonctionne déjà également dans des tanneries de Londres et de Lisbonne et fonctionnera sous peu de jours à New-York.

Le capitaine de Place a imaginé un autre procédé électrique employé à la préparation et au gonflement des peaux. Après le travail de rivière, les peaux sont placées dans des cuves ovales à agitateurs, analogues à celles qui servent à donner de la couleur et du grain aux veaux. Le fond des cuves porte une série de conducteurs en forme de peignes. On y place 20 à 25 peaux de vaches, on remplit de jus à 20° centigrades et à 0°,6 Baumé, et l'on ferme par un couvercle. On fait ensuite mouvoir les agitateurs et l'on fait

passer le courant. Une intensité de 20 ampères suffit largement. Les peaux se colorent et se gonflent rapidement sous l'action de l'acide tannique mis en liberté par l'électrolyse. L'opération dure de deux à huit heures. On achève ensuite le tannage dans des cuves analogues, mais sans électrolyse, en renforçant sans cesse le jus chaud par de l'extrait décoloré. L'opération totale dure quarante heures pour les veaux, soixante-cinq à soixante-dix heures pour les vaches, quatre-vingt-dix à cent heures pour les mâles.

TAPER. — Mot anglais désignant une clef de court circuit placée entre les bornes d'un galvanomètre pour éviter le passage de courants trop énergiques.

TASIMÈTRE. — Syn. de MICROTASIMÈTRE. (Voy. SUPPLÉMENT.)

TAXATION. — Action de taxer.

TAXE TÉLÉGRAPHIQUE. — Les télégrammes sont, en ce qui concerne l'application des tarifs, soumis à deux régimes différents : 1° le *régime intérieur*; 2° le *régime international*, celui-ci se subdivisant d'ailleurs en *régime européen* et en *régime extra-européen.*

C'est en général l'itinéraire ou la voie admise pour la transmission du télégramme qui décide du régime auquel ce télégramme doit être soumis.

Dans tous les régimes on admet une *taxe principale*, celle à laquelle sont soumis tous les télégrammes *simples*, et des *taxes accessoires*, dont, indépendamment de la taxe principale, sont frappés les télégrammes spéciaux.

Dans le service intérieur, qui comprend la France, la Corse et l'Algérie, ainsi que les bureaux en Tunisie et dans la principauté de Monaco, toutes les correspondances sont soumises au même régime.

Le *régime européen* comprend toute l'Europe, l'Algérie, la Tunisie, la Turquie d'Asie et Tripoli.

Le *régime extra-européen* comprend :

En Afrique : l'Égypte, Zanzibar, Mozambique, Saint-Laurenço-Marquès, les colonies anglaises de Natal et du Cap, et la colonie française du Sénégal, les îles de Madère et de Saint-Vincent;

En Asie : l'Arabie (Aden, Djedda et la Mecque), la Perse et le golfe Persique, la Russie d'Asie, le Béloutchistan, l'Afghanistan, l'Indoustan, la Birmanie, la presqu'île de Malacca, Penang, Singapore, la Cochinchine française, la Chine, le Japon, Siam et l'île de Ceylan;

En Océanie : l'Australie (provinces de l'Ouest et du Sud, Queensland, Nouvelles-Galles du Sud, Victoria), la Tasmanie, la Nouvelle-Zélande et les Indes néerlandaises :

En Amérique : l'île de Saint-Pierre et Miquelon, les États de l'Amérique britannique, les États-Unis, le Mexique, les Antilles, Panama, la Guyane anglaise, Salvador, Guatémala, Honduras, Nicaragua et Costa-Rica, le Brésil, l'Uruguay, la République Argentine, le Chili et le Pérou, la Colombie, l'Équateur, la Bolivie et le Vénézuéla.

Les correspondances échangées entre deux pays du régime européen par l'intermédiaire de lignes du régime extra-européen, ainsi que les correspondances échangées entre un pays du régime européen et un pays du régime extra-européen, suivent, sur tout leur parcours, les règles du régime extra-européen.

Ainsi, un télégramme expédié de France pour l'île de Chypre est taxé d'après les tarifs du régime européen, lorsqu'il emprunte les lignes d'Italie, de Grèce et de Turquie, et d'après les tarifs du régime extra-européen, s'il suit la voie de Malte et d'Alexandrie.

Dans tous les régimes, c'est le *mot* qui sert de base au tarif et qui est l'unité de taxe, qu'il s'agisse de télégrammes simples aussi bien que de télégrammes spéciaux.

Dans tous les régimes, la perception des taxes s'effectue au départ, c'est-à-dire au moment du dépôt du télégramme, sauf les exceptions prévues pour les télégrammes à faire suivre, pour les télégrammes sémaphoriques, pour l'excédent de taxe des réponses payées (service intérieur) dans le cas indiqué plus loin, et enfin pour les télégrammes avec exprès, si l'envoi de l'exprès a été demandé par le destinataire, et lorsqu'il s'agit d'une dépêche internationale avec exprès dont l'expéditeur n'a pas payé l'accusé de réception.

Toutefois, dans le cas même où le règlement autorise la perception à l'arrivée, si le destinataire refuse d'acquitter les taxes à percevoir, celles-ci doivent être recouvrées sur l'expéditeur, et elles font alors l'objet d'un complément de taxe.

Le *mot* étant la seule unité de taxe et le nombre de mots constituant avec le taux du tarif l'élément essentiel dans le calcul des taxes, il est d'une extrême importance que le compte des mots soit établi avec une rigoureuse exactitude.

Tout ce que l'expéditeur a écrit sur la minute de son télégramme, pour être transmis, doit entrer dans le calcul de la taxe et être compris à cette fin dans le nombre de mots, sauf les signes de ponctuation, traits d'union, apostrophes, guillemets, parenthèses, alinéas et indication de la voie. Le nom du bureau de départ, la date, l'heure et la minute du dépôt n'entrent dans le compte des mots que si l'expéditeur a inséré ces indications, en tout ou en partie, dans le texte de son télégramme.

Le compte des mots s'établit de la manière suivante :

(*a*) Dans le service intérieur :

Pour les dépêches en langage clair, toutes les expressions françaises ne sont comptées que pour un seul mot lorsqu'elles sont comprises au Dictionnaire de l'Académie, y formant le titre majuscule d'un article spécial.

A défaut du Dictionnaire de l'Académie, le compte des mots se fait d'après les dictionnaires en usage dans les bureaux. En cas de désaccord entre les documents consultés, ce sont toujours les indications contenues dans la dernière édition du Dictionnaire de l'Académie qui font foi.

En conséquence, doivent être comptées pour un seul mot :

1° Les expressions françaises même composées servant de titre à un article spécial au Dictionnaire de l'Académie ;

2° Les dénominations qui, s'appliquant à un seul et même objet, ont été établies par actes officiels pour désigner : les circonscriptions administratives (départements), les localités (villes, communes, hameaux, bourgs), les voies publiques (rues, avenues, boulevards, quais, cours, places, passages, ruelles, carrefours), et les numéros des habitations, toutes les fois que les termes employés pour les indiquer sont écrits dans le langage usité en France.

En cas de doute, pour les locutions françaises, et, en règle générale, pour les télégrammes rédigés en langue étrangère on en langage convenu, le maximum de longueur d'un mot est fixé à quinze caractères selon l'alphabet Morse ; l'excédent, toujours jusqu'à concurrence de quinze caractères, est compté pour un mot.

(*b*) Dans le service international :

1° *Européen*,

Le maximum de longueur d'un mot est fixé à quinze caractères selon l'alphabet Morse ; l'excédent, toujours jusqu'à concurrence de quinze caractères, est compté pour un mot.

2° *Extra-européen*,

Ce maximum est fixé à dix caractères.

Dans ces deux régimes, les expressions réunies par un trait d'union sont comptées pour le nombre de mots qui servent à les former.

Les mots séparés par une apostrophe sont comptés comme autant de mots isolés.

Dans le service intérieur et le service international européen, les réunions ou altérations de mots contraires à l'usage de la langue ne sont point admises. Toutefois, les noms propres de villes et de personnes, les noms de lieux, places, boulevards, etc., les prénoms, ainsi que les nombres écrits en toutes lettres, sont comptés, jusqu'à quinze lettres, pour le nombre de mots employés par l'expéditeur à les exprimer.

Tout caractère isolé, lettre ou chiffre, est compté pour un mot ; il en est de même du souligné.

Les signes de ponctuation, traits d'union, apostrophes, guillemets, parenthèses, alinéas ne sont pas comptés.

Sur les lignes extra-européennes, la transmission de ces signes n'est pas obligatoire.

Le Ch, qui est représenté dans l'alphabet Morse par un signe spécial, ne compte que pour une lettre dans les correspondances en langage clair ou en langage convenu, mais il compte pour deux lettres dans les télégrammes chiffrés.

Les exemples suivants indiquent la manière de compter les mots dans les télégrammes en langage clair ou convenu et font ressortir les seules différences que comporte désormais le compte des mots dans le service intérieur ou dans le service international.

	CORRESPONDANCE		
	INTÉRIEURE.	INTERNATIONALE européenne.	INTERNATIONALE extra-européenne.
Responsabilité (14 caractères)..	1 mot.	1 mot.	2 mots.
Kriegsgeschichten (15 caractères....	1 mot.	1 mot.	2 mots.
Inconstitutionnalité (20 caractères)....	1 mot.	2 mots.	2 mots.
Staatswissenschaftlich (20 caractères)....	2 mots.	2 mots.	2 mots.
A-t-il....	3 mots.	3 mots.	3 mots.
Aujourd'hui....	1 mot.	2 mots.	2 mots.
Aujourdhui (écrit sans apostrophe)....	1 mot.	1 mot.	1 mot.
C'est-à-dire....	4 mots.	4 mots.	4 mots.
Seine-et-Marne....	1 mot.	3 mots.	3 mots.
Seineetmarne....	1 mot.	1 mot.	2 mots.
Arc-lès-Gray....	1 mot.	3 mots.	3 mots.
ArclèsGray....	1 mot.	1 mot.	1 mot.
Des-Lavandières-Ste-Opportune (nom de rue)....	1 mot.	4 mots.	5 mots.
Deslavandièressteopportune (n. de rue)....	1 mot.	2 mots.	3 mots.
33 *ter* (numéro de rue)....	1 mot.	2 mots.	2 mots.
Frankfurt am Main....	3 mots.	3 mots.	3 mots.
Frankfurt a/M....	2 mots.	2 mots.	2 mots.
New South Wales....	3 mots.	3 mots.	3 mots.
Newsouthwales (13 caractères).	1 mot.	1 mot.	2 mots.
Hyde Park....	2 mots.	2 mots.	2 mots.
Deux cent trente-quatre....	4 mots.	4 mots.	4 mots.
Deuxcenttrentequatre (20 caractères)....	2 mots.	2 mots.	2 mots.
Two hundred and thirty four..	5 mots.	5 mots.	5 mots.
Twohundredandthirtyfour (23 caractères)....	2 mots.	2 mots.	3 mots.
De suite....	2 mots.	2 mots.	2 mots.
Deux-cent-quatre-vingts....	3 mots.	4 mots.	4 mots.
Compagnie P. L. M....	4 mots.	4 mots.	4 mots.
Compagnie PLM....	4 mots.	4 mots.	4 mots.
S. V. P. (signifiant s'il vous plait)	3 mots.	»	»

Dans le service intérieur et dans le service international, régime européen, les nombres écrits en chiffres sont comptés chacun pour autant de mots qu'ils contiennent de fois cinq chiffres, plus un mot pour l'excédent. La même règle est applicable au calcul des groupes de lettres.

Pour la correspondance extra-européenne, le nombre de mots auquel correspond un groupe de chiffres ou de lettres s'obtient en divisant les chiffres par trois et ajoutant, s'il y a lieu, un mot pour le reste.

Sont comptés pour un chiffre : les points et les virgules qui entrent dans la formation des nombres, ainsi que les barres de division.

Les lettres ajoutées aux chiffres pour désigner les nombres ordinaux sont comptées chacune pour un chiffre.

Dans les télégrammes qui contiennent un langage convenu ou un langage chiffré, les mots clairs sont comptés conformément aux règles indiquées ci-dessus pour le langage ordinaire. Les mots en langage convenu admis sont comptés d'après les mêmes règles. Enfin, les groupes de chiffres ou de lettres, ainsi que les mots, noms ou assemblages de lettres, non admis dans le langage clair ou convenu, sont comptés comme les nombres écrits en chiffres.

Les exemples ci-dessous déterminent plus particulièrement la manière de compter les chiffres. Ils s'appliquent également aux expressions du langage chiffré.

	CORRESPONDANCE	
	intérieure ou internationale européenne.	extra-européenne.
44 1/2 (5 chiffres et signes).....	1 mot.	2 mots.
444 1/2 (6 —).....	2 mots.	2 mots.
444,5 (5 —).....	1 mot.	2 mots.
444,55 (6 —).....	2 mots.	2 mots.
10 francs 50 centimes ou 10 fr. 50 c.	4 mots.	4 mots.
10 fr. 50........................	3 mots.	3 mots.
Fr. 10,50........................	2 mots.	3 mots.
11h,30........................	3 mots.	3 mots.
11,30........................	1 mot.	2 mots.
Le 17me........................	2 mots.	3 mots.
Le 1529me........................	3 mots.	3 mots.
44/2........................	1 mot.	2 mots.
44/........................	1 mot.	1 mot.
2 0/0........................	1 mot.	2 mots.
2 p. 0/0........................	3 mots.	3 mots.
Huit/10........................	2 mots.	2 mots.
5/douzièmes........................	2 mots.	3 mots.
320........................	1 mot.	1 mot.
3250........................	1 mot.	2 mots.
3256480917........................	2 mots.	4 mots.
Amb........................	1 mot.	1 mot.
Ambr........................	1 mot.	2 mots.
Ambrdfg........................	2 mots.	3 mots.

Pour les marques de commerce, les chiffres et les lettres doivent être comptés séparément; les barres de division ont la même valeur que les chiffres ou que les lettres, suivant qu'elles entrent dans la composition d'un groupe de chiffres ou d'un groupe de lettres; enfin les lettres séparées par des points sont considérées comme autant de caractères isolés et comptées chacune pour un mot, les points étant, dans ce cas, traités comme des signes de ponctuation et transmis gratuitement.

Les exemples suivants complètent les indications relatives au compte des mots dans les marques de commerce :

	CORRESPONDANCE	
	intérieure ou internationale européenne.	extra-européenne.
E........................	1 mot.	1 mot.
E. M........................	2 mots.	2 mots.
Emvthf........................	2 mots.	2 mots.
tmrlz........................	1 mot.	2 mots.
CH23........................	2 mots.	2 mots.
ADVGMY........................	2 mots.	2 mots.
AP/M (AP sur M)........................	1 mot.	2 mots.
3/M (3 sur M)........................	2 mots.	2 mots.
C. H. F. 45........................	4 mots.	4 mots.

Dans le service intérieur, la taxe télégraphique est fixée :

1° Par la loi du 21 mars 1878, pour les correspondances circulant entre les divers bureaux de la France continentale et de la Corse ou entre les bureaux d'Algérie (ou de Tunisie) et, par assimilation, pour les correspondances échangées entre les bureaux français et les bureaux de la principauté de Monaco, ou entre ces derniers :

A 5 centimes par mot, quelle que soit la destination, sans que le prix de la dépêche puisse être moindre que 50 centimes;

2° Par décret du 25 août 1879, approuvé par la loi de finances du 28 décembre 1880, article 5, pour les dépêches télégraphiques privées échangées entre l'Algérie (ou la Tunisie) et la France :

A 10 centimes par mot, parcours sous-marin compris, sans que le prix de la dépêche puisse être moindre que 1 franc;

3° Par décret du 22 mai 1880, approuvé par la loi de finances du 28 décembre 1880, article 5, pour les dépêches télégraphiques circulant par la voie des tubes pneumatiques, et rédigées sur des formules spéciales affranchies :

A 30 centimes pour les dépêches ouvertes, et à 50 centimes pour les dépêches fermées;

A 60 centimes pour les dépêches ouvertes avec réponse payée.

Il suit de là que la taxe des télégrammes simples est, dans la correspondance intérieure, calculée comme suit :

1° Entre les bureaux de la France continentale et de la Corse, ou entre les bureaux d'Algérie (ou de Tunisie) et, par assimilation, entre les bureaux français et les bureaux de la principauté de Monaco, ou entre ces derniers :

De un mot à dix mots	0f,50
Au delà de dix mots, et sans limites, par mot	0f,05

2° Entre les bureaux de la France continentale et de la Corse et, par assimilation, les bureaux de la principauté de Monaco, d'une part, et les bureaux de l'Algérie (ou de la Tunisie) d'autre part :

De un à dix mots	1f,00
Au delà de dix mots, et sans limites, par mot	0f,10

Taxe des télégrammes échangés par l'intermédiaire des tubes pneumatiques, à l'intérienr de Paris, sur des formules spéciales affranchies :

Dépêche ouverte	0f,30
Dépêche fermée	0f,50
Dépêche ouverte avec réponse payée	0f,60

Taxe maritime des télégrammes sémaphoriques (1) applicable au trajet entre le sémaphore et le navire en mer :

Par télégramme de vingt mots	1f,00
Par chaque série indivisible de dix mots au-dessus de vingt mots	0f,50

Dans le service international, le tarif applicable aux correspondances est fixé conformément aux tableaux dressés par la Conférence de Londres, sauf les modifications du taux ou des bases d'application des tarifs arrêtés entre États intéressés.

La taxe est établie par mot sur tout le parcours.

Dans la correspondance européenne, à défaut d'arrangements particuliers entre États intéressés, la taxe s'établit sans condition de minimum pour le nombre de mots; il est ajouté à la taxe résultant du nombre effectif des mots une taxe égale à celle de cinq mots par télégramme.

I. La taxe est calculée d'après la voie la plus directe et la moins coûteuse entre le point de départ du télégramme et son point de destination, à moins que l'expéditeur n'ait indiqué une autre voie ou que la voie la plus directe, qui s'appelle voie normale, ne soit momentanément interrompue.

Dans ce dernier cas, le télégramme est taxé et dirigé par la moins coûteuse des autres voies portées au tableau général du tarif. (Ce tableau général des taxes est imprimé dans le volume des lois, décrets, conventions, etc., de janvier 1883.)

Si l'expéditeur indique spécialement la voie qu'il veut faire suivre à son télégramme, en mentionnant cette voie soit au bas, soit en marge de la minute du télégramme, la taxe applicable est alors calculée d'après cette voie et suivant les indications du tableau général des tarifs internationaux. Une taxe additionnelle égale au prix de cinq mots doit, lorsque le télégramme est taxé par une voie autre que la voie normale, être ajoutée au produit de la taxe du mot par le nombre de mots contenus dans la dépêche.

II. Le tableau ci-après indique les taxes à percevoir en France par les voies normales, pour la correspondance soumise au régime européen.

PAYS CORRESPONDANTS.	TAXE PAR MOT.	PAYS CORRESPONDANTS.	TAXE PAR MOT.
Allemagne	0f 20c	Luxembourg :	
Autriche	0 30	a. Relations frontières	0f 05c
Belgique :		b. Relations générales	0 125
a. Correspondance frontière	0 10	Malte (île de)	0 55
b. Correspondance générale	0 15	Manche (îles de la)	0 25
Bosnie-Herzégovine	0 40	Monténégro	0 40
Bulgarie	0 45	Norvège	0 45
Chypre (île de)	1 10	Pays-Bas	0 20
Danemark	0 35	Portugal	0 25
Espagne	0 20	Roumanie	0 35
Gibraltar	0 25	Russie :	
Grande-Bretagne	0 25	a. d'Europe	0 60
Grèce :		b. du Caucase	0 85
1° Grèce continentale. 2° Iles : a. Corfou	0 55	Serbie	0 40
b. Céphalonie, Ithaque, Ste-Maure, Zante, Hydra, Spezzia, Andros, Tynos, Kythnos, Kea, Kythia (Cerigo), Skiathos et Syra	0 70	Suède	0 45
Héligoland (île de)	0 50	Suisse :	
Herzégovine (et Bosnie)	0 40	a. Relations frontières	0 10
Hongrie	0 35	b. Relations générales	0 15
Italie	0 20	Tripoli	1 35
		Turquie :	
		a. d'Europe	0 60
		b. d'Asie (ports de mer)	0 85
		c. d'Asie (intérieure). 1re rég.	0 95
		c. d'Asie (intérieure). 2e rég.	1 05
		d. Ile de Chio	0 70
		e. Iles de Mételin, Samos et Rhodes	1 00
		f. Ile de Candie	1 10

(1) Cette taxe s'ajoute à la taxe du télégramme. Voir loi du 8 mai 1869, p. 23; instruction, n° 160, paragraphe 310.

Le *Tableau général des taxes*, qui est à consulter, le cas échéant, contient, pour chaque pays, la taxe par mot par la voie normale ou par les autres voies les plus fréquemment employées, plus la taxe additionnelle et diverses autres indications nécessaires pour l'application régulière des tarifs.

III. Dans le régime extra-européen, le tarif est également établi par mot; il ne comporte pas de taxe additionnelle.

Le tarif général comprend, avec indication des voies normales et de toutes les autres voies par lesquelles les télégrammes peuvent être dirigés sur leurs destinations respectives :

1° Un tableau général, par ordre alphabétique;

2° Six tableaux annexes correspondant à de grandes divisions territoriales desservies par les mêmes voies.

A la suite de chacun de ces tableaux sont rappelées les règles particulières à appliquer aux télégrammes empruntant la voie des lignes sous-marines et généralement toutes les indications nécessaires pour taxer et diriger les dépêches.

Le montant de la taxe appliquée en vertu des règles qui viennent d'être exposées constitue ce qu'on peut qualifier le *principal de la taxe*. A ce principal s'ajoutent nécessairement des taxes complémentaires, dites *taxes accessoires*, toutes les fois que l'expéditeur inscrit sur sa minute certaines *indications éventuelles* spéciales auxquelles les correspondances de cette catégorie doivent leur nom de *télégrammes spéciaux*. Ceux-ci, au point de vue de leur rédaction, comme aussi de leur taxation, sont soumis à des règles complémentaires spéciales qui sont formulées ci-après :

Télégrammes officiels. — Les télégrammes officiels sont transmis en franchise, ainsi que les télégrammes de service.

Télégrammes de presse. — Les télégrammes de presse bénéficient d'une réduction de 50 p. 100, mais aux conditions suivantes :

La taxe de tout télégramme de presse contenant un nombre de mots impair doit être arrondie de manière à produire un total correspondant à un multiple de 5. Ainsi, une dépêche de presse de 21 mots, par exemple, dont la taxe normale (1,05) réduite de 50 p. 100 s'élèverait strictement au chiffre de 0 fr. 525, doit être taxée de 0 fr. 55.

Le minimum de la taxe à percevoir ne peut jamais être inférieur à 0 fr. 50, minimum fixé par la loi du 21 mars 1878.

On ne doit admettre comme *télégramme de presse*, ni faire bénéficier de la réduction de 50 p. 100, aucun télégramme, ni aucune partie de télégramme contenant des *informations qui ne seraient pas destinées à la publicité*. Si le télégramme tout entier, bien que présenté comme *dépêche de presse*, est en réalité une correspondance non destinée à la publicité, il doit être traité comme télégramme ordinaire et taxé à plein tarif. Si un *télégramme de presse* renferme un ou plusieurs passages d'*informations non destinées à la publicité*, les mots formant ces passages doivent être taxés à plein tarif, sans que le montant de la taxe applicable à ces passages puisse en aucun cas être inférieur au minimum légal de 0 fr. 50.

Pour pouvoir être accepté comme *télégramme de presse*, un télégramme doit nécessairement porter en signature le nom du correspondant inscrit sur la carte de l'expéditeur et être adressé à l'*agence* ou au *journal* désigné dans cette carte (Circulaire n° 63, du 13 octobre 1887).

Télégrammes-mandats. — Les taxes à percevoir sur les télégrammes-mandats se composent :

1° D'un droit fixe de 1 p. 100 sur le montant du mandat, comme pour les autres mandats d'articles d'argent français.

Il est loisible à l'envoyeur d'acquitter le droit de 1 p. 100 en sus de la somme à transmettre, ou de la faire prélever sur la somme déposée;

2° De la taxe télégraphique ordinaire;

3° D'un droit de 50 centimes pour l'avis à remettre au destinataire des fonds;

4° Des frais accessoires de la taxe télégragraphique afférents aux indications éventuelles qui intéressent soit la remise à domicile, soit les opérations accessoires autorisées (TC), (CR), (CR postal), (TR), Télégramme personnel.

Télégrammes sémaphoriques. — La taxe des télégrammes à échanger avec les navires en mer par l'intermédiaire des sémaphores est fixée pour la *transmission sémaphorique* :

1° Pour le service intérieur, par le décret du 3 mai 1888, à 5 centimes (0f,05) par mot, avec minimum de perception de 50 centimes (0f,50).

Par suite, la taxe des télégrammes sémaphoriques originaires ou à destination d'un bureau télégraphique de la France continentale et de la Corse, et échangés avec les navires en mer par l'intermédiaire d'un sémaphore français, devra être calculée à raison de 10 centimes (0f,10) par mot (soit 5 centimes pour la taxe télégraphique ordinaire, et 5 centimes pour la taxe maritime), sans que le prix du télégramme puisse être inférieur à 1 franc (1 fr.).

2° Et, pour le service international, par le règlement de Londres, article 58, § 6, ainsi conçu :

« La taxe des télégrammes à échanger avec les navires en mer, par l'intermédiaire des sémaphores, est fixée à 2 francs par télégramme. »

Les taxes à percevoir pour le parcours maritime des télégrammes sémaphoriques sont donc de :

En France	pour l'intérieur....	1 fr.
	pour l'étranger....	2 —
De l'étranger pour la France....		2 —

Ces taxes s'ajoutent au prix du parcours électrique et aux frais accessoires de remise à domicile, s'il y a lieu, calculés d'après les règles générales. La totalité est perçue sur l'expéditeur pour les télégrammes adressés aux navires en mer, et sur le destinataire pour les télégrammes provenant des bâtiments.

Dans le service intérieur, les télégrammes sémaphoriques émanant d'un bâtiment en mer peuvent être expédiés par la poste, aux conditions des télégrammes ordinaires.

Dans ce cas, le montant de la taxe à percevoir sur le destinataire est recouvré par les soins du bureau de poste d'arrivée.

Dans le cas de perception sur le destinataire, le préambule doit contenir l'indication : « taxe à percevoir..... francs..... centimes ». Si cette taxe ne peut pas être perçue, le bureau d'arrivée signale ce non-recouvrement par correspondance spéciale adressée à l'administration centrale.

Les télégrammes sémaphoriques rédigés en langage secret sont, bien entendu, soumis aux dispositions générales admises pour les télégrammes de même nature.

Toutefois la taxe du collationnement et de l'accusé de réception, obligatoire pour les télégrammes secrets dans le service intérieur, n'est perçue que pour le parcours terrestre.

En effet, la taxe fixe de la transmission entre le sémaphore et le navire en mer s'applique de plein droit à un langage chiffré, attendu que le seul mode de correspondance possible entre ces deux points consiste en signaux du code commercial ou pavillons du télégraphe marin.

Télégrammes collationnés. — La taxe d'un télégramme *collationné*, c'est-à-dire répété intégralement de bureau à bureau, est égale dans le service intérieur à la moitié, et dans le régime international au quart de celle d'un télégramme ordinaire de même longueur pour le même parcours. Cette taxe ne concerne que le collationnement et s'ajoute à la taxe du télégramme lui-même, calculée d'après les règles ci-dessus.

Télégrammes avec accusé de réception. — La taxe de l'accusé de réception est égale à celle d'un télégramme simple de dix mots par la même voie.

Télégrammes recommandés. — La taxe du télégramme recommandé est celle du télégramme collationné, avec accusé de réception.

Cette taxe est formée des éléments suivants : taxe principale ordinaire; en outre, la moitié de la taxe principale due pour droit de collationnement; enfin, un droit fixe égal à la taxe d'un télégramme ordinaire de dix mots transmis par la même voie.

Télégrammes à faire suivre. — La taxe à percevoir au départ pour les télégrammes à faire suivre est simplement la taxe afférente au premier parcours, l'adresse complète entrant dans le nombre des mots. La taxe complémentaire est perçue sur le destinataire, par le bureau d'arrivée qui effectue la remise du télégramme.

A partir du premier bureau indiqué dans l'adresse, les taxes à percevoir sur le destinataire pour les parcours ultérieurs doivent, à chaque réexpédition, être indiquées d'office dans le préambule.

Ces taxes sont calculées d'après le tarif de la voie normale, à moins d'indications contraires données par l'expéditeur au moment du dépôt du télégramme.

Télégrammes avec réponse payée. — Pour les télégrammes avec réponse payée, le droit d'affranchissement de la réponse est illimité dans le service intérieur; dans le service international, il ne peut dépasser la taxe d'un télégramme ordinaire de trente mots pour le même parcours.

Si l'expéditeur n'a pas indiqué le nombre de mots payés pour la réponse, on considère celle-ci comme devant être limitée à dix mots et la taxe est perçue en conséquence. La taxe de la réponse est établie au même taux que celle de la dépêche. Le prix de la réponse est donc au minimum :

1° De 50 centimes, lorsqu'il s'agit d'une dépêche échangée entre les divers bureaux de la France continentale et de la Corse, et, par assimilation, de la principauté de Monaco, ou entre les bureaux d'Algérie (ou de Tunisie);

2° De 1 franc, lorsqu'il s'agit d'une dépêche échangée entre l'Algérie (ou la Tunisie) et la France.

La seule exception à cette règle est relative aux télégrammes ouverts circulant par la voie des tubes pneumatiques dans Paris. La dépêche

ouverte étant taxée à raison de 30 centimes, la réponse peut être également payée pour le même prix.

Lorsque le télégramme portant l'indication (RP) est déposé dans un bureau-gare, où doit être adressé le télégramme affranchi, la taxe à percevoir doit comprendre, outre le montant de la réponse, les frais fixes d'exprès, à moins qu'il ne soit spécifié que la réponse sera adressée « télégraphe restant ».

Exemple : Un télégramme de 23 mots, avec (RP) simple, de Baillargues pour Montpellier sera taxé comme suit :

Taxe principale		1f,15
(RP)	dix mots	0 50
	un kilomètre	0 50
Total		2 15

Pour les *télégrammes internationaux*, si la dépêche à laquelle se rapporte la réponse payée a été taxée par la voie normale, la réponse est également taxée par la voie normale et pour le même parcours. Si, au contraire, l'expéditeur a désigné pour la dépêche une voie autre que la voie normale, et si le tarif appliqué à cette dépêche comporte une taxe additionnelle, cette même taxe additionnelle est perçue pour la réponse.

Le nombre minimum de mots pour lequel on peut percevoir le prix de cette réponse n'est pas déterminé par le règlement de Londres. Toutefois, le télégramme, quelque réduit qu'il soit, devant avoir nécessairement trois mots au moins, on ne percevra pas de réponse de moins de trois mots.

Quant à la limite supérieure du nombre de mots, elle est fixée à trente. Mais cette limite peut être dépassée lorsqu'un expéditeur ou un destinataire demande, par dépêche à un bureau télégraphique, la répétition intégrale d'un télégramme précédemment transmis.

Dans ce cas, la réponse doit être payée pour le nombre exact de mots contenus dans la dépêche dont la répétition est demandée.

En l'absence de toute indication du nombre de mots, la réponse est perçue pour dix mots.

La taxe d'un télégramme à destination d'*un pays étranger*, avec réponse payée, devra être établie, dans tous les cas, suivant le nombre des mots du télégramme, par la voie indiquée, et celle de la réponse, d'après le nombre des mots payés par la même voie, quelle que soit d'ailleurs la ville où l'expéditeur demande que la réponse soit adressée. Ainsi, un télégramme de quinze mots de Paris pour Bruxelles, avec réponse payée de trente mots, de- vra être taxé comme suit :

15 mots de Paris à Bruxelles (. male)......................
30 mots de la réponse de Bruxelles viers (comme si la réponse transmise à Paris)............

Taxe totale à percevoir...

Il est à remarquer que, dans le télégramme serait expédié d'un à un bureau également français payée pour une ville étrangère. Paris à Lyon, quinze mots, avec de vingt mots pour Genève, la établie comme suit :

15 mots de Paris à Lyon (taxe int
20 mots de Lyon à Genève (ta nationale).........................

Taxe totale à percevoir...

Si le télégramme international est urgent et que la réponse être transmise par urgence, le longueur de cette réponse pour dix mots, dont la taxe simple par 3.

Le *Bon* que le bureau d'arrivée remettre au destinataire du télé tant l'indication (RP) confère la culté d'expédier gratuitement, et de taxe indiquées sur le bon, une destination quelconque, en l'étranger.

Ce bon n'est valable que : 1° *jours*, dans le *service intérieur;* 2° *maines* dans le *service international* jour où il a été établi. Passé ce dé sidéré comme nul et non avenu, çue reste acquise à l'Administration

Le bon ne peut servir qu'à l'af- d'un seul télégramme. Il ne pourra pour plusieurs dépêches, même le total des taxes de ces télégrammes drait pas la somme versée au départ chir la réponse. *Plusieurs bons ne vir non plus à l'affranchissement d unique.*

Les bons délivrés ne peuvent être par la personne au profit de la émis, ou par son délégué. En cas de sujet, le bureau peut exiger que qui les donne en payement jus identité.

Ils ne sont pas acceptés s'ils

toutes les indications nécessaires, s'ils ne sont pas frappés du timbre à date du bureau d'émission et s'ils ne sont pas signés par l'agent de service qui les a établis. Il en est de même s'ils paraissent altérés ou faux.

Dans ces différents cas, la personne qui les présente est invitée par le receveur à justifier de son identité. Il est pris note de son nom et de sa demeure et le bon est retenu. Le télégramme présenté est alors payé en numéraire, il en est donné un récépissé gratuit et l'expéditeur est avisé que, si la vérification du bon démontre qu'il est valable, le montant lui en sera remboursé. Le bon est immédiatement transmis, sous pli recommandé, au receveur du bureau d'origine, avec demande de le rapprocher de la souche d'émission et de faire connaître s'il est véritable. En cas d'affimative, celui-ci renvoie le bon, également sous pli recommandé, au bureau qui le lui a transmis. En cas de négative, le receveur du bureau d'émission adresse, par l'intermédiaire du directeur, le bon à l'Administration, en y joignant un rapport circonstancié.

Les *bons ainsi délivrés sont acceptés dans tous les bureaux de France pour l'affranchissement, par le titulaire, d'un télégramme adressé à une personne et à une destination quelconques, en France ou à l'étranger.*

a. Si la taxe à acquitter pour le télégramme « réponse » est égale à la valeur du bon, l'opération est simple;

b. Si le bon est présenté pour l'acquittement d'une taxe inférieure à sa valeur, l'expéditeur doit être prévenu qu'il n'a aucun droit au remboursement de la différence. Cette observation faite, le bon est accepté pour l'affranchissement de la taxe du télégramme déposé, si l'expéditeur persiste à le donner en payement.

c. Si la taxe exigible est supérieure, le bon peut être pris comme acompte de la somme à percevoir, à la condition que la taxe complémentaire soit immédiatement payée en numéraire.

Il n'est fait d'exception à cette règle que dans le service intérieur, sur la demande expresse de l'expéditeur, lorsque la réponse payée est à proprement parler une *Réponse*, c'est-à-dire *lorsqu'elle est adressée à l'expéditeur même du télégramme primitif.* Dans ce cas, l'excédent peut être perçu soit au départ, soit à l'arrivée, au choix de la personne qui répond; mais cette dernière doit, lorsqu'elle ne paye pas l'excédent au départ, inscrire de sa main, sur la minute du télégramme et immédiatement avant l'adresse, l'indication « *complement à percevoir X mots.* »

Cette indication est comprise dans le nombre des mots taxés.

Le bon est frappé du timbre du bureau à la date du jour où il est remis en payement, à la place laissée libre à cet effet à la droite de la signature de l'agent qui l'a établi; la date est mise à la main dans le timbre du bureau s'il ne porte pas cette indication.

Lorsqu'un expéditeur qui affranchit un télégramme par bon envoie ce télégramme à l'expéditeur même de la dépêche portant « réponse payée », s'il ne connaît pas l'adresse de son correspondant, il doit être prévenu que, pour assurer la remise certaine de sa correspondance, il peut comprendre dans le libellé de l'adresse soumise à la taxe une mention qui lui est indiquée ou bien écrire avant l'adresse les mots : « réponse au n°..... du..... » qui sont obligatoirement compris dans le compte des mots taxés.

Télégrammes multiples. — Les télégrammes adressés dans une même localité à plusieurs destinataires ou à un même destinataire à plusieurs domiciles, avec ou sans réexpédition par la poste ou par exprès, sont taxés comme un seul télégramme; mais il est perçu, à titre de droit de copie, autant de fois 50 centimes, par télégramme ne dépassant pas cent mots, qu'il y a de destinations, moins une. Au delà de cent mots, ce droit est augmenté de 50 centimes par série ou fraction de série de cent mots. Dans ce compte figure la totalité des mots à taxer, y compris les adresses.

Si un télégramme multiple doit être expédié par poste ou par exprès, ou bien s'il comporte l'une ou l'autre des indications suivantes : (RP) (T C) (C R) (T R) (avec reçu), on inscrit dans le préambule le nombre des adresses; mais l'expéditeur est tenu de répéter avant chaque adresse, pour être comprises duns le nombre des mots taxés, toutes les indications éventuelles; il doit, en outre, formuler les diverses adresses de telle sorte que les expéditions à faire à l'arrivée ne prêtent à aucune ambiguïté. Les taxes accessoires ou complémentaires sont perçues autant de fois qu'il y a d'adresses différentes, à moins que l'expéditeur n'ait formulé clairement sa volonté contraire dans le télégramme même.

Si l'adresse est libellée comme suit, par exemple : « Mercadier hôtel Europe ou hôtel Empereurs Toulouse », on perçoit, en sus de la taxe principale, une fois le droit de copie, soit 50 centimes.

Si l'adresse du télégramme multiple, ne précisant pas le nombre des hôtels, est conçue de la manière suivante : « Gaillard voyageur voir dans principaux hôtels Castres », on doit insérer dans le préambule la mention de service : « *plusieurs adresses avec arrhes* » et l'on perçoit à titre d'arrhes, en sus de la taxe principale, une somme d'au moins 5 francs correspondant à 10 copies supplémentaires. On liquide ultérieurement cette perception d'arrhes soit par remboursement, soit par un complément de taxe, *sur le vu de la feuille M que le bureau d'arrivée est tenu de dresser d'office et d'envoyer à bref délai au bureau d'origine.*

Télégrammes par exprès. — La taxe d'exprès se calcule de la manière suivante :

Dans le service intérieur : Si la distance est connue, il est perçu une somme fixe de 50 centimes par kilomètre ou fraction de kilomètre.

La taxe d'exprès est calculée d'après la distance réelle, et cette distance se compte, pour les habitations agglomérées, du bureau d'arrivée au centre de l'agglomération, et, pour les habitations isolées, du bureau d'arrivée au lieu même de destination.

Le montant de la somme à percevoir à titre *d'arrhes* ne peut être déterminé; il appartient au bureau expéditeur d'apprécier, selon les circonstances, quelle doit être l'importance de ce dépôt.

La perception des frais fixes d'exprès correspondant à la distance kilométrique indiquée à la suite du nom d'un bureau-gare est obligatoire, si le télégramme adressé à cette gare doit être mis à la poste, et si les indications de l'adresse ne prescrivent pas de remettre ce télégramme au courrier-convoyeur ou de le jeter dans la boîte mobile, ce que ferait connaître la formule (*poste en gare*).

Dans le service international, les indications suivantes serviront à fixer le montant des arrhes à percevoir et à donner aux expéditeurs les explications qu'ils demanderaient sur le mode de remise par exprès ou par estafette, dans les divers pays.

En Allemagne, on emploie soit un messager spécial, soit une estafette contre remboursement des frais effectifs. Le messager spécial (exprès) est payé à raison de 15 pfennigs, environ 18 centimes, par kilomètre, avec minimum de perception de 75 pfennigs (90 centimes). L'estafette est payée à raison de 5 francs jusqu'à 5 kilomètres, avec augmentation de 2 fr. 50 par 5 kilomètres, ou fraction de 5 kilomètres en sus des premiers.

En Autriche, les taxes d'exprès sont d'environ 60 centimes par kilomètre, dans un rayon de 30 à 40 kilomètres; au delà de ce rayon, on peut employer aussi l'estafette contre le payement des frais effectifs, qui sont d'environ 2 fr. 50 par myriamètre et par cheval.

En Belgique, l'exprès à pied coûte généralement 1 franc pour les cinq premiers kilomètres, avec addition de 20 centimes pour chaque kilomètre en plus. Pour les transports à faire de nuit ou qui sont particulièrement difficiles à effectuer, ces prix peuvent être augmentés de 50 p. 100.

Sur la demande de l'expéditeur, ou pour les distances de plus de 15 kilomètres, on peut employer un messager à cheval ou en voiture. Le prix du transport est alors réglé d'après la distance, l'heure du jour ou de la nuit, l'état des chemins, etc.

L'Office danois emploie l'exprès ou l'estafette. Le prix de l'exprès est d'environ 50 centimes par quart de mille (environ 1800 mètres).

D'après les dispositions admises par le Post-Office anglais, l'exprès à pied coûte 60 centimes par mille (1600 mètres) et l'exprès à cheval 1 fr. 25 cent.

En Hongrie, les taxes d'exprès et d'estafette postale sont calculées sur les mêmes bases qu'en Autriche.

En Italie, on emploie l'exprès, qui coûte environ 20 centimes par kilomètre. L'Administration italienne admet également un service d'estafette pour tous télégrammes, mais sans le garantir, et elle recourt à l'exprès toutes les fois qu'on ne trouve pas d'estafette.

Dans le Luxembourg, l'exprès est taxé à raison de 1 franc pour les 5 premiers kilomètres et de 50 centimes par 2 kilomètres et 1/2 en sus.

En Norvège, on peut employer l'exprès jusqu'à une distance de 17 kilomètres, moyennant une taxe de 42 centimes par kilomètre.

L'Office néerlandais emploie l'exprès ou l'estafette contre recouvrement des frais effectifs du transport, qu'il faut calculer sur la base de 50 centimes par kilomètre pour l'un et l'autre de ces modes d'envoi.

L'Administration portugaise a un service d'exprès dont le prix est fixé chaque année, suivant la moyenne des dépenses du même service pendant l'exercice précédent.

La Russie n'emploie que des estafettes dont le prix est calculé sur la base de 32 centimes environ par kilomètre, avec taxe fixe additionnelle de 28 centimes par télégramme.

En Serbie, on emploie des messagers spéciaux ou des estafettes, contre remboursement des frais effectifs du transport.

En Suède, on emploie l'exprès ou l'estafette. Les frais de transport sont fixés ainsi qu'il suit : par exprès (messager à pied) : 28 centimes par kilomètre; par estafette (messager à cheval) : 56 centimes par kilomètre. L'exprès à pied n'est employé que dans les limites d'une distance maxima de 15 kilomètres. Au delà de cette limite, il n'est fait usage que du messager à cheval.

En Suisse, la distribution est gratuite dans un rayon d'un kilomètre du bureau. Au delà d'un kilomètre, la taxe de l'exprès est de 25 centimes pour chacun des deux premiers kilomètres, et de 30 centimes pour chaque kilomètre en sus, jusqu'à 10 kilomètres; au delà de 10 kilomètres, l'envoi peut avoir lieu par estafette, contre remboursement des frais effectifs du transport.

La Bulgarie, l'Espagne, la Grèce, le Monténégro, la Roumanie et la Turquie n'ont organisé aucun service d'exprès ou d'estafette.

Dans le régime extra-européen, l'Administration française, en Cochinchine, assure la remise des télégrammes par exprès dans les limites du territoire de la colonie, à raison de 50 centimes par kilomètre, lorsque le trajet a lieu sur terre, et de 1 franc par kilomètre, lorsqu'il a lieu par eau. Mais on ne peut bénéficier de cette disposition qu'autant que les distances à parcourir ne dépassent pas 15 kilomètres.

La Russie d'Asie est desservie par estafette dans les mêmes conditions que la Russie d'Europe.

Les télégrammes pour la Chine peuvent être expédiés de Kiatchta (Russie d'Asie, 1re région), soit par poste, les 5, 12, 19 et 26 de chaque mois, soit par estafette. Les frais de poste à percevoir sur l'expéditeur sont de 40 centimes par télégramme pour Ourga et Kalgand et de 1 fr. 20 pour Pékin et Tien-Tsin.

Les frais d'estafette à percevoir sur l'expéditeur d'un télégramme à destination de Pékin et de Tien-Tsin sont de 392 francs pour un cheval, et de 588 francs pour deux chevaux.

La Compagnie « Méditerranean extension », qui dessert l'île de Malte par le câble de Modica, emploie des messagers à pied ou des messagers rapides. Les exprès à pied coûtent 60 centimes jusqu'à 2400 mètres; 1 fr. 25 jusqu'à 4 kilomètres; 2 fr. 50 jusqu'à 7800 mètres, 5 francs jusqu'à 13600 mètres. Le prix des exprès rapides est le double de celui des messagers à pied.

Pour l'Amérique, les trois compagnies se chargent du transport par exprès à raison de 15 fr. 65 pour chaque parcours de 8 kilomètres, ou fraction de ce parcours, mais cette taxe doit être recouvrée sur le destinataire.

Dans les Indes néerlandaises, il existe un service d'exprès et d'estafettes pour le transport des télégrammes à destination des localités non desservies par le télégraphe. Les prix de ce transport sont perçus d'après un tableau de taxes d'exprès calculées pour les localités avoisinant chacun des bureaux.

L'Office Australien (du Sud) fait remettre les télégrammes gratuitement dans un rayon d'un demi-mille. Au delà de ce rayon la remise peut être faite par une estafette (messager à cheval), à raison de 2 fr. 50 par mille (1600 mètres), tant à l'aller qu'au retour.

Enfin, l'Office indo-européen du Gouvernement britannique transporte, à partir de Jask (Béloutchistan) :

1° Les télégrammes à destination de Bassidore, Bunder-Abbas ou Lingah, moyennant une taxe fixe d'exprès de 40 francs pour Bunder-Abbas et de 60 francs pour Lingah et Bassidore;

2° Les télégrammes à destination de Mascate, moyennant une taxe fixe d'exprès de 90 francs.

L'adresse de ces télégrammes devra porter la mention : « Exprès payé Iask. »

Aucun service d'exprès n'a été organisé par les Offices des Indes britanniques, des colonies anglaises du Cap et de Natal, et par l'Administration japonaise.

La liquidation des arrhes s'opère, dans le service international, à l'aide des renseignements fournis par l'accusé de réception; dans le service intérieur, à l'aide des renseignements que le bureau destinataire transmet au bureau d'origine.

Lorsque l'expéditeur désire que la liquidation soit effectuée dans un plus bref délai, il peut obtenir, en payant une réponse de dix mots, que les renseignements sur la distance parcourue par exprès soient transmis par le télégraphe. Il inscrit, à cette fin, avant l'adresse, l'indication réglementaire « *exprès arrhes télégraphe* », laquelle *signifie que le bureau d'origine a perçu des arrhes et que le bureau destinataire doit transmettre télégraphiquement la distance de l'exprès par un avis de service de retour.*

Le receveur taxe le télégramme comme à l'ordinaire; il perçoit en sus une somme fixe de 50 centimes pour affranchissement *de l'avis de service de retour.*

Dès la réception de l'*avis de service de retour* qui lui fait connaître la distance parcourue, il en avise par écrit l'expéditeur et procède à la liquidation dans les formes habituelles.

L'avis télégraphique de retour doit toujours être annexé à l'original du télégramme qu'il concerne.

Télégrammes par poste. — Lorsque l'expéditeur a inséré avant l'adresse une indication éventuelle en vertu de laquelle son télégramme doit être acheminé sur le lieu de destination par voie postale, à partir du bureau d'arrivée (1), il n'y a pas de taxe postale à percevoir au départ, hormis les cas suivants :

« (*a*) Lorsque le télégramme doit être envoyé à destination non par lettre ordinaire, mais par lettre recommandée : l'expéditeur doit, en ce cas, écrire avant l'adresse l'indication (*Poste recommandée*) ou (PR) et payer la taxe de la recommandation postale.

« (*b*) Lorsqu'un télégramme intérieur est adressé à un bureau télégraphique français, *pour être expédié de là par poste dans une localité ou un pays étranger quelconque*, la recommandation postale est obligatoire, l'adresse doit être précédée de l'indication réglementaire (*Poste recommandée*) ou (PR), et les frais de recommandation sont perçus d'après le tarif postal en vigueur.

« (*c*) Lorsqu'un télégramme *international* est adressé par un bureau français à un bureau télégraphique étranger pour être, par les soins de ce dernier, mis à la poste et envoyé au delà des mers, l'indication éventuelle (*Poste*) doit être inscrite avant l'adresse et la taxe postale être perçue conformément aux indications du tarif télégraphique (pages 18 et 32).

« Il est interdit d'accepter un télégramme portant, avant l'adresse, l'indication (*Poste*) ou *Poste recommandée* (PR) ou (*Poste restante*), si le bureau télégraphique destinataire est un sémaphore, un bureau écluse ou barrage. Il est de même interdit d'accepter un télégramme avec l'indication (*Poste recommandée*) ou (*Poste restante*), si le bureau télégraphique est une gare *D*, ou *V*, ou *VD*. Dans ce dernier cas, la seule indication autorisée est celle de *Poste* ou bien *Poste en gare*, laquelle oblige le bureau gare d'arrivée à jeter le télégramme, préalablement affranchi, à la boîte mobile de la gare. Si, au contraire, le bureau gare d'arr[illegible] au service télégraphique [illegible] comme le télégramme à mettre [illegible] être remis au bureau de poste [illegible] *les frais fixes d'exprès doivent* [illegible] *çus*, à moins que l'expéditeur [illegible] l'adresse l'indication réglement[illegible] *gare*).

« (*d*) Les télégrammes intern[illegible] doivent traverser la mer, par [illegible] soumis à une taxe variable, a [illegible] bureau d'origine. Le montant [illegible] fixé par l'Administration qui [illegible] l'expédition et notifié à toutes le[illegible] nistrations. »

Les taxes à percevoir, pour tr[illegible] poste des télégrammes destinés [illegible] mer, sont les suivantes :

En France, on perçoit pour toute[illegible] une taxe de 1 franc.

Pour les autres offices européen[illegible] partir de :

Allemagne.	Pour toutes les destinat[illegible] partenant à l'Union p[illegible]
	Pour les autres destinat[illegible]
Autriche...	A partir de Trieste (seul [illegible] autrichien d'où se fa[illegible] expéditions dont [illegible] pour toutes les destin[illegible]
Hongrie...	A partir de Fiume et de[illegible] bureaux du littora[illegible] grois :
	(*a*) Pour les côtes et les [illegible] la Méditerranée, p[illegible] quie et l'Égypte, av[illegible] bie et le Soudan.....
	(*b*) Pour les côtes occid[illegible] et orientales de l'[illegible] sauf Port-Natal, [illegible] disi ; l'Asie, sauf le[illegible] indiqués sous *d* ; et [illegible] colonies français[illegible] landaises et espa[illegible] l'Océanie..........
	(c) Pour Port-Natal, [illegible] disi...............
	(*d*) Pour Annam, la [illegible] indépendante, Siam [illegible] de Bornéo..........
	(*e*) Pour l'Austalie, la Tas[illegible] manie et la Nouv[illegible] lande ....
Belgique...	Pour toutes les destinat[illegible]
Espagne...	Pour les îles Canaries, le[illegible] sessions espagnoles [illegible] mer, la côte septen[illegible] d'Afrique et la côte [illegible]
	Pour toutes les autres de[illegible] tions ....
G[de] Bretagne.	Pour toutes les destina[illegible]

(1) Il est interdit d'accepter, à destination d'un bureau sémaphorique ou d'un bureau écluse ou barrage, un télégramme portant, avant l'adresse, l'indication éventuelle (P P) ou poste recommandée, ou poste restante.

Pour les correspondances à destination de Tanger et du Maroc.................... 0 10

Pour les télégrammes destinés à être mis à la poste à Corfou et adressés à des localités situées : en Europe..... 1 00

Hors d'Europe............. 2 00

A partir des autres bureaux de la Grèce.................. 0 50

Pour Alexandrie d'Égypte, la Goulette, Sousa, Tunis et Tripoli de Barbarie........ 0 50

Pour toutes les autres destinations (y compris la Corse, quand les lignes télégraphiques sous-marines ne sont pas interrompues) (1)...... 1 00

.. Pour toutes les destinations... 2 00

.. Pour toutes les destinations... 1 00

.. Pour toutes les destinations... 2 00

›s offices extra-européens :

r des Indes néerlandaises et des îles ›re et Saint-Vincent, pour toutes les uations.......................... 1 00

rique, pour toutes les destinations.. 1 25

ı, d'Australie, d'Égypte, des Indes .aises ou de Birmanie, de Malacca, de ang, du golfe Persique et de Singa-ɜ, pour toutes les destinations....... 2 00

ɔy pour Foochow.................. 2 00

ıpon pour toutes les destinations..... 1 00

chta. { Pour Ourga et Kalgang....... 0 40
Pour Pékin et Tien-Tsin...... 1 20

léparts de Kiatchta ont lieu les 5, 12, 19 et :haque mois.

ıède, la Norvège, le Danemark, les Pays-Bulgarie, la Roumanie et la Russie, bien que .nt à la mer, n'ont indiqué aucune taxe ap-e aux correspondances destinées à traverser

grammes spéciaux divers. — Aucune taxe .le ne doit être réclamée de l'expéditeur ıscrit avant l'adresse l'une des indica-suivantes : (télégraphe restant), (télé-me personnel), (adresse intégrale à repro-sur chaque copie), ou toute autre mention :l'expéditeur prendrait l'initiative.

égrammes avec reçu. — Mais il doit payer ntimes pour tout télégramme dont il de-le le récépissé de dépôt, à la condition crire avant l'adresse les mots : (avec reçu)

Quand les lignes télégraphiques sous-marines l'Italie et la Corse sont interrompues, l'envoi élégrammes par la poste est effectué sans frais l'expéditeur et pour le destinataire.

qui sont compris dans le nombre de taxés.

Pour les télégrammes internationaux, diteur a le droit d'obtenir, en outre, récépissé de dépôt, la mention de l perçue.

Les taxes perçues en moins par erreu taxes et frais non perçus sur le destin par suite de refus ou de l'impossibilité trouver, doivent être complétés par l'e teur.

Les taxes perçues en plus par erreur s même remboursées aux intéressés.

Les opérations relatives aux compléme taxe ou aux remboursements sont to régularisées, soit par le registre à souch par le registre des remboursements.

Adresse convenue. — La faculté pour un nataire de se faire remettre à domicile u gramme dont l'adresse est rédigée sou forme convenue ou abrégée est subordo un arrangement préalable avec le bureau rivée. En France, la taxe d'abonneme fixée pour chaque adresse à 40 francs pa partir du 1er janvier de chaque année 20 francs par semestre indivisible, cour 1er janvier ou du 1er juillet de chaque

L'abonnement est dû par chaque d taire autant de fois qu'il désigne d'ac différentes se rapportant à sa personne.

La même adresse peut servir à une financière et à ses succursales, mais l d'abonnement doit être versée dans chac bureaux appelés à desservir ces succurs

Les règles générales sur le compte de s'appliquent aux adresses convenues o gées, qui ne peuvent par suite contenir combinaison contraire à l'usage de la employée. C'est ainsi qu'elles ne peuve formées par la réunion en un seul mot du destinataire au nom de la rue où i domicile, ni à son prénom, à son titr qualité, etc.

Les mandats télégraphiques ne compr pas d'adresse abrégée ou convenue.

Taxes diverses. — Pour compléter les gnements qui précèdent, nous indiquer core un certain nombre de modificatio récentes.

Télégrammes pour la Suisse. — Une con conclue le 11 mai 1887 a réglé ainsi q les relations télégraphiques avec la Suis

La taxe des télégrammes ordinaires é directement entre la France et la Su fixée uniformément et par mot à 15 c

(0 fr. 15) pour la correspondance générale, et à 10 centimes (0 fr. 10) pour toutes les correspondances échangées entre un bureau quelconque de l'un des cantons suisses situés sur la frontière de la France et un bureau quelconque d'un département français limitrophe de ce même canton, le territoire de Belfort étant traité comme un département.

Télégrammes pour Obock et le canal de Suez. — Conformément aux renseignements contenus dans la circulaire télégraphique n° 36209 du 2 août 1889, des télégrammes peuvent être échangés directement avec notre colonie d'Obock, qui a été reliée au réseau général par un câble posé entre Obock et Périm.

La taxe à percevoir pour ces télégrammes, qui sont soumis aux règles du régime extra-européen, est celle d'Aden ou de Périm augmentée de 0 fr. 15 par mot.

L'Administration des chemins de fer, des télégraphes et du port d'Alexandrie a fait connaître (avril 1890) qu'elle a conclu un arrangement avec la Compagnie universelle du canal maritime de Suez pour la livraison aux passagers en transit dans ledit canal des télégrammes qui leur sont destinés.

Les télégrammes doivent être adressés :

« 1° A Suez pour les passagers allant vers l'ouest ;
2° A Port-Saïd pour les passagers allant vers l'est ;
3° A Ismaïlia pour les passagers à bord des bateaux qui y seraient en station.

Outre le nom du destinataire, l'adresse doit aussi contenir le nom du bateau, ainsi : « bateau..... » et les mots : « faire suivre ».

Si les mots « bateau..... » et « faire suivre » ne sont pas insérés dans l'adresse, il sera perçu un droit de factage de 50 millièmes (environ 1 fr. 30).

Les passagers dans le canal peuvent expédier des télégrammes dans toutes les parties du monde, de chacun des garages sur le parcours du canal de Suez. »

Convention entre la France, l'Angleterre et la Belgique. — Dans le but de faciliter l'échange des télégrammes entre la France, l'Angleterre et la Belgique, les gouvernements de ces trois pays ont adopté en 1889 la convention suivante, relative aux cas d'interruption complète ou partielle des communications télégraphiques directes.

Art. 1er. — Dans les cas d'interruption des lignes directes reliant deux des États contractants, les taxes de transit seront les suivantes pour les télégrammes ordinaires :

Les télégrammes échangés entre la Grande-Bretagne et la France, en passant par le réseau télégraphique de la Belgique, seront soumis à une taxe de transit terrestre de 2 centimes par mot à porter au crédit de ce dernier pays.

Les télégrammes qui seront ... Grande-Bretagne et la Belgique ... France, seront soumis à une taxe ... tre de 2 centimes 75 par mot à ... pays.

Pour les télégrammes qui ... la France et la Belgique, par ... sera attribué à la Grande-Br... transit terrestre de 2 centimes ...

Dans les différents cas énum... du transit sous-marin par les ... çais ou anglo-belges sera de 4 ... répartir en parts égales entre les propriétaires des câbles.

Art. 4. — La présente convention ... à partir du 1er avril 1889 et restera ... qu'à l'expiration d'une année à ... elle aura été dénoncée par une des ... tantes.

Conférence télégraphique de ... ajouterons enfin que la conférence ... que internationale de 1890 a pr... nombre de modifications qui ... à partir du 1er juillet 1891, si ... l'approbation des gouvernements ...

Le délégué de l'Allemagne a ... cation des taxes, mais l'adoption ... été renvoyée à la prochaine ... aura lieu en 1895 à Budapesth.

Il a été voté cependant des ... taxe partielles : par exemple les ... l'Allemagne ne payeront plus qu... au lieu de 20 centimes par mot ; ... que et la Suisse 12 centimes ... pour la Russie 40 centimes au ... times. Le minimum de 1 franc ... été établi pour tous les États ... l'Allemagne qui n'en impose au...

Désormais, aussi, les mots com... sous-lieutenant, porte-monnaie, ... vre, etc., ne compteront plus qu... lorsqu'on les assemblera comme ... tenant, portemonnaie, chefdœuvre ... dant, il ne faut pas que le mot ... excède quinze lettres pour les ... ropéennes et dix lettres pour les ... extra-européennes.

On pourra, sur un télégramme ... lettres M. P., qui signifient en m... c'est-à-dire qu'avec cette mention ... comme une lettre chargée, ne s... son destinataire que moyennant r...

Remboursements de taxes. — Tou... en remboursement de taxe doit ... sous peine de déchéance, dans l... de la perception. Ce délai est p... pour les télégrammes extra-europ...

Toutefois ce délai n'est que ...

dans le service intérieur, et de quarante-deux jours dans le service international, si le détenteur d'un bon de réponse payée demande, au profit de l'expéditeur, le remboursement de la valeur de ce bon non utilisé par le titulaire dans les délais rappelés ci-dessus.

Pour la liquidation des arrhes d'exprès, il n'est pas stipulé de délai de prescription.

Toute réclamation doit être accompagnée des pièces probantes (décret du 16 avril 1881, article 31), savoir : une déclaration écrite du bureau de destination ou du destinataire, si le télégramme n'est point parvenu, et la copie qui a été remise, s'il s'agit d'erreur ou de retard.

Lorsqu'une réclamation a été reconnue fondée par les administrations intéressées, le remboursement est effectué par l'office d'origine.

L'expéditeur qui ne réside pas dans le pays où il a déposé son télégramme peut faire présenter sa réclamation à l'office d'origine par l'intermédiaire d'un autre office. Dans ce cas, l'office qui l'a reçue est, s'il y a lieu, chargé d'effectuer le remboursement.

Sont remboursées de droit à l'expéditeur qui en fait la demande, mais en vertu d'une autorisation spéciale de l'Administration centrale, les taxes suivantes :

(*a*) La taxe intégrale d'un télégramme-mandat qui, adressé à un bureau non ouvert au service des mandats télégraphiques, n'a pas pu remplir son objet et est resté impayé.

(*b*) La taxe intégrale de tout télégramme international qui a éprouvé un retard notable ou qui n'est pas parvenu à destination par le fait du service télégraphique.

En cas de retard, le droit au remboursement est absolu, pour les correspondances internationales, lorsque le télégramme n'est point arrivé à destination plus tôt qu'il n'y serait parvenu par la poste ou lorsque le retard dépasse deux fois vingt-quatre heures pour un télégramme européen et six fois vingt-quatre heures pour un télégramme sortant des limites de l'Europe.

Le remboursement intégral de la taxe est effectué aux frais des offices par le fait desquels le retard s'est produit et dans la proportion des retards imputables à chaque office.

(*c*) La taxe intégrale de tout télégramme collationné (dans le service international), de tout télégramme collationné ou recommandé (dans le service intérieur), qui, par suite d'erreurs de transmission, n'a pu manifestement remplir son objet; qui n'est point arrivé à destination plus tôt qu'il n'y serait parvenu par la poste, ou qui n'est pas parvenu du tout à destination par le fait du service télégraphique.

Les erreurs ou omissions sont imputablos :

1° Aux deux bureaux : lorsque des mots, nombres ou caractères ayant été omis ou ajoutés, le bureau qui a reçu n'a pas vérifié le compte des mots; lorsque le collationnement payé a été omis ou incomplet ; lorsqu'à l'appareil Hughes, il y a eu un défaut non rectifié ;

2° Au bureau qui a reçu : lorsqu'il n'a pas tenu compte de la rectification faite à son collationnement par son correspondant; lorsqu'en cas de répétition d'office, il n'a pas rectifié la première transmission d'après cette répétition ;

3° Au bureau qui a transmis : dans tous les autres cas.

La transmission inexacte d'un télégramme ne donne lieu à rembouroement que lorsque le collationnement a été payé, et encore faut-il que l'erreur commise soit de nature à rendre la dépêche incompréhensible pour le destinataire, ou à empêcher ce dernier de se conformer aux intentions de l'expéditeur. Dans le service intérieur, le retard qui donne ouverture au droit au remboursement est celui qui a manifestement fait manquer le but du télégramme. On peut admettre, en général, que le retard ne justifie le remboursement que lorsque la dépêche a employé, pour parvenir à destination, plus de deux jours dans le régime européen, plus de six dans le régime extra-européen ; à moins, toutefois, que ce retard n'ait été occasionné par une interruption de communications. Dans ce dernier cas, les administrations n'encourent aucune responsabilité.

Dans les cas prévus ci-dessus, le remboursement ne peut s'appliquer qu'aux taxes des télégrammes mêmes qui ont été omis, retardés ou dénaturés, y compris les taxes accessoires, mais non aux correspondances qui auraient été motivées ou rendues inutiles par l'omission, l'erreur ou le retard.

(*d*) Dans le service soit intérieur soit international (1), la taxe des dépêches rectificatives ou

(1) Dans le service international même, la taxe des télégrammes rectificatifs ou complétifs n'est remboursée que sur autorisation de l'Administration centrale, lorsque les communications ont été échangées entre deux bureaux et s'il est bien constaté qu'elles ont été motivées par une faute du service télégraphique.

Il suit de là que les demandes en remboursement de cette catégorie doivent être adressées, le jour de leur dépôt, par les receveurs à la direction départementale, qui les instruit d'urgence et les fait suivre, avec tous les documents probants à l'appui, à l'Administration centrale, qui statue dans le plus bref délai.

complétives échangées entre deux bureaux, à la demande de l'expéditeur ou du destinataire, à l'occasion d'un télégramme transmis ou en cours de transmission, laquelle taxe n'est remboursée que lorsqu'il est constaté qu'une erreur de service a été commise; et cette constatation résulte de la comparaison du texte de l'original avec celui de la copie délivrée à l'arrivée. En cas de rectification d'erreurs de service dans des télégrammes non collationnés, les taxes des télégrammes rectificatifs sont seules remboursées; le droit au remboursement ne pouvant, en aucun cas, s'étendre aux taxes des correspondances motivées ou rendues inutiles par les erreurs de transmission ainsi rectifiées.

(*e*) La somme versée pour la réponse est remboursable à l'expéditeur, lorsque le destinataire n'a pas fait usage du droit de répondre en franchise.

A cet effet, le destinataire doit, dans le service intérieur, avant le délai de huit jours, fixé par le paragraphe 4 de l'article 18 du décret du 16 avril 1881, et, dans le service international, avant l'expiration du délai de six semaines, déposer le bon au bureau qui l'a délivré, en l'accompagnant d'une demande de remboursement au profit de l'expéditeur. La demande de remboursement peut d'ailleurs être déposée dans un bureau autre que celui où le bon a été émis.

Il est procédé alors comme en matière de remboursement de taxe.

(*f*) Les arrhes déposées en vue du transport d'un télégramme par exprès, dans le cas où il n'a pas été fait emploi, en totalité ou en partie, des sommes perçues, si la liquidation doit en être effectuée par un bureau autre que le bureau d'origine, ou si la liquidation a été précédée d'une enquête administrative.

(*g*) En cas de perte de télégramme collationné ou non, les taxes accessoires non utilisées, telles que : arrhes déposées pour exprès, poste, réponse payée, accusé de réception, etc., lorsque cette perte de télégramme est imputable au service télégraphique.

(*h*) En cas d'interruption d'une ligne sous-marine, l'expéditeur de tout télégramme a droit au remboursement de la partie de la taxe afférente au parcours télégraphique non effectué, déduction faite des frais déboursés, le cas échéant, pour remplacer la voie télégraphique par un mode de transport quelconque.

Ces dispositions ne sont pas applicables aux télégrammes empruntant les lignes d'un office non adhérent qui refuserait de se soumettre à l'obligation du remboursement.

Sont remboursées d'office par les comptables, sans qu'il soit nécessaire de recourir, au préalable, à l'intervention de l'Administration centrale :

(*k*) Partie ou totalité des arrhes perçues pour frais d'exprès et remboursables au bureau qui les a encaissées; la liquidation des arrhes étant d'ailleurs opérée conformément aux prescriptions du paragraphe 56 (3 et 4).

(*l*) La taxe intégrale ou partielle des télégrammes arrêtés par l'autorité administrative par application de l'article 3 de la loi du 29 novembre 1850, ou bien en vertu des articles 7 et 8 de la convention de Londres.

(*m*) La taxe principale et les taxes accessoires, sous déduction d'un droit fixe de 50 centimes, d'un télégramme retiré ou annulé avant que la transcription en ait été commencée.

Si le télégramme a été transmis et que l'expéditeur en demande l'annulation par un télégramme privé et taxé avec (R P), le bureau d'origine, dès qu'il a reçu la réponse annonçant l'annulation effectuée, rembourse à l'expéditeur les taxes du télégramme primitif et du télégramme d'annulation, en raison du parcours non effectué.

(*n*) Les taxes indûment perçues par le comptable par suite d'erreurs de taxation.

(*o*) Les taxes enregistrées en prévision d'un recouvrement à opérer ultérieurement, par exemple : les compléments de taxe à percevoir pour les (R P), pour les (F S), lorsqu'elles n'ont pu être recouvrées sur le destinataire.

Ces sortes de remboursement sont à proprement parler des annulations d'écritures en recette non suivies de recette effective. Toutes les fois qu'une taxe à recouvrer n'a pu être encaissée, le comptable en donne avis au bureau d'origine, qui transmet ultérieurement le dossier à l'Administration centrale, avec le compte rendu exact des opérations faites.

TAXE TÉLÉPHONIQUE. — Dans la plupart des cas, les communications téléphoniques sont soumises, non à une taxe proprement dite, mais à un abonnement (voyez ce mot), moyennant le payement duquel l'abonné peut correspondre à toute heure avec les autres abonnés. Nous avons indiqué plus haut les conditions de l'abonnement en France. Il y a lieu à la perception d'une taxe lorsqu'une personne non abonnée fait usage d'une cabine téléphonique pour correspondre avec un abonné. Cette taxe est réglée par les deux décrets suivants, publiés en octobre 1889.

Le premier a pour objet de fixer la taxe des

conversations téléphoniques sur les réseaux urbains et interurbains, quand elles ne sont pas soumises au régime de l'abonnement. Voici le texte de ce décret :

Art. 1er. — La taxe à payer à l'entrée d'une cabine téléphonique publique, pour obtenir la communication avec un réseau urbain, est fixée à 50 centimes à Paris, à 25 centimes dans toutes les autres villes de France.

Art. 2. — La taxe élémentaire à payer par conversation téléphonique interurbaine est fixée à 50 centimes par 100 kilomètres ou fraction de 100 kilomètres de distance entre les points reliés par la ligne téléphonique.

La distance est calculée d'après le parcours réel de chaque ligne.

Art. 3. — Pour l'application des taxes ci-dessus indiquées, la durée normale de la conversation téléphonique est fixée à cinq minutes.

Cette durée peut être réduite à trois minutes sur les lignes et dans les conditions déterminées par arrêté ministériel.

Si les besoins du service l'exigent, une conversation ne peut pas être prolongée au delà d'une durée double de sa durée normale.

Art. 4. — Sont abrogées toutes les dispositions contraires au présent décret, sauf celles du décret du 28 décembre 1886 fixant la taxe à percevoir pour les communications téléphoniques échangées entre Paris et Bruxelles.

Art. 5. — Les taxes ci-dessus fixées seront appliquées à partir du 1er novembre prochain.

Nous rappelons que, d'après les décrets antérieurs la taxe était fixée à 1 franc sur les communications entre Paris et Reims, Paris et le Havre, Paris et Rouen et Paris et Lille, qui ont toutes plus de 100 kilomètres. La taxe sur les communications échangées par la ligne de Paris à Bruxelles (340 kilomètres) a été fixée à 3 francs, la taxe sur les communieations entre Paris et Lyon (531 kilomètres) avait été fixée à 2 francs, et celle sur les communications entre Paris et Marseille (888 kilomètres) à 3 francs.

Le second décret a pour objet d'autoriser et de réglementer la transmission téléphonique des télégrammes. En voici le texte :

Art. 1er. — Les abonnés aux réseaux téléphoniques urbains peuvent expédier et recevoir des télégrammes par la ligne qui les rattache à ces réseaux.

La transmission de ces télégrammes est effectuée gratuitement, sauf l'exception visée ci-après ; mais elle est subordonnée au dépôt préalable d'une provision destinée à garantir le remboursement de la taxe télégraphique.

Dans les villes comportant un réseau souterrain, l'abonné qui se propose d'user de la disposition qui précède est tenu de verser annuellement, et d'avance, une redevance de 50 francs.

Art. 2. — Les localités autres que les chefs-lieux de canton peuvent être reliées à un bureau télégraphique au moyen d'un fil téléphonique.

Ce fil et le bureau téléphonique qui le dessert sont établis avec la participation des communes intéressées.

La part contributive de ces communes aux frais de premier établissement est fixée à 100 francs par kilomètre de ligne neuve à construire, ou à 50 francs par kilomètre de fil à établir sur appuis déjà existants, et à 300 francs pour fournitures d'appareils et installation du poste téléphonique.

Art. 3. — Dans les localités possédant une recette des postes, le service téléphonique est confié au receveur.

Pour toutes les autres, le gérant des bureaux téléphoniques et son suppléant sont désignés par le maire, après avoir été agréés par le directeur départemental.

Ils devront être remplacés sur la demande de l'Administration.

Ils bénéficient sur la transmission des télégrammes des mêmes remises que les gérants des bureaux télégraphiques municipaux.

Ils prêtent le même serment professionnel.

Art. 4. — Toute personne peut expédier et recevoir des télégrammes par une ligne téléphonique municipale.

La transmission de ces télégrammes est effectuée gratuitement, mais elle est subordonnée au payement de la taxe télégraphique.

Le payement de cette taxe est effectué entre les mains du gérant du bureau téléphonique. Si ce gérant n'est pas en même temps receveur des postes, ses recettes et ses dépenses sont comprises dans la comptabilité du bureau télégraphique avec lequel il communique.

Art. 5. — Tout télégramme destiné à être distribué par un bureau téléphonique municipal est soumis à des frais d'exprès, à moins que la municipalité n'ait pris ses dispositions pour que cette distribution puisse s'effectuer gratuitement.

Art. 6. — Un télégramme ne peut être téléphoné, soit par une ligne urbaine, soit par une ligne municipale, que s'il est écrit en français, en langue claire, et si son texte n'excède pas cinquante mots.

Jusqu'à ce jour, cette transmission s'est effectuée gratuitement sur les réseaux de l'État ; mais la Société générale des téléphones ne l'avait autorisée sur ses réseaux que moyennant le payement d'une prime d'abonnement de 50 francs.

Aujourd'hui que l'État exploite directement tous les réseaux urbains, il supprime cette dualité de régime et il fait bénéficier de la gratuité les anciens abonnés de la société.

Toutefois, une exception a été admise ainsi qu'on l'a vu. Elle porte sur les villes où existe un réseau souterrain. Elle a pour but de prévenir l'encombrement des milieux où l'espace réservé aux fils est limité par la canalisation dont ils doivent suivre le tracé.

Un décret du 28 décembre 1886 a fixé à 3 francs par cinq minutes de conversation la taxe à percevoir pour les communications téléphoniques entre Paris et Bruxelles.

TEINTURE ÉLECTROLYTIQUE. — M. Goppels-

rœder a préparé certaines matières tinctoriales par l'électrolyse; il a pu aussi appliquer cette action à la teinture elle-même. Il attribue la production des matières colorantes, non à l'action directe du courant, mais aux actions secondaires dues à l'oxygène et à l'hydrogène naissant. Il faut éviter que les substances ainsi produites ne se mélangent par diffusion : pour cela on sépare les deux électrodes par une cloison ou un vase poreux.

M. Goppelsrœder a obtenu ainsi le noir d'aniline par l'électrolyse d'une solution de chlorhydrate d'aniline additionnée d'un peu d'acide sulfurique, des bleus d'aniline au moyen des chlorhydrates de méthylaniline, de diphénylamine et de méthyldiphénylamine, etc.

Il a même réussi à teindre directement les étoffes ou le papier. L'étoffe imprégnée du liquide à décomposer est étendue sur une plaque métallique communiquant avec l'un des pôles de la dynamo, et l'on pose dessus une autre plaque portant en relief le dessin à imprimer et reliée à l'autre pôle.

Pour teindre toute l'étoffe, on y produit d'abord un dépôt très mince de métal qui la rend conductrice, puis on la plonge dans le bain, en la reliant au pôle positif.

L'auteur a appliqué le même procédé à la fabrication de la cuve d'indigo. On remplit deux vases concentriques, le vase central étant poreux, d'une dissolution d'indigo dans la potasse caustique, et l'on fait passer le courant pendant trois ou quatre heures. L'hydrogène se dégage en abondance et l'indigo bleu est transformé en indigo blanc. Le coton, trempé dans la cuve, puis abandonné à l'air, se teint en bleu.

TÉLAUTOGRAPHE. — Appareil télégraphique imaginé par M. Elisha Gray et reproduisant l'écriture de l'expéditeur. Le principe est analogue à celui du téléphone : la membrane du transmetteur, sur laquelle on pose le papier, vibre sous la pression du style, qui est quelconque; celle du récepteur fait mouvoir une plume ou un crayon.

TÉLECTROSCOPE. — Appareil imaginé par M. Senlecq d'Ardres en 1877, pour reproduire les images, et fondé sur les propriétés du sélénium (Voy. TÉLÉPHOTE).

TÉLÉGONIOMÈTRE ÉLECTRIQUE. — Appareil électrique expérimenté récemment en Italie et qui permet à une batterie d'artillerie de tirer sur un point qu'elle ne voit pas et dont elle n'est pas vue. La batterie était située au fond d'une vallée et séparée par une chaîne de montagnes de la côte qu'elle devait défendre. Deux observateurs, cachés dans les montagnes, à un kilomètre environ de chaque côté de la batterie, observent le navire ennemi avec des lunettes munies d'un appareil électrique spécial, qui enregistre tous les mouvements de ce navire et les transmet à la batterie. Là, les déplacements angulaires des lunettes sont indiqués sur un plan par deux aiguilles dont l'intersection représente la position du navire. Ce système ingénieux de défense présente une certaine analogie avec le procédé Maury (Voy. TORPILLE). Les expériences ont également bien réussi, le navire étant immobile ou en mouvement.

TÉLÉGRAMME. — Communication transmise par le télégraphe.

Le libellé des télégrammes simples ou ordinaires comprend nécessairement et successivement :

1° En tête, l'adresse; 2° le texte; 3° le nom, c'est-à-dire la signature de l'expéditeur; dans la correspondance internationale la signature peut être omise (Voy. PRÉAMBULE).

Les *télégrammes spéciaux* sont ceux qui comportent une rédaction spéciale, à raison soit de leur objet même, ou bien de leur mode de remise, soit des recommandations particulières ou des précautions qui les entourent ou du but qu'ils ont en vue.

Sont considérés comme télégrammes spéciaux, les télégrammes-mandats, les télégrammes avec réponse payée, les télégrammes urgents, recommandés, collationnés, multiples, sémaphoriques. avec accusé de réception, à faire suivre, par exprès, par poste, télégraphe restant, avec reçu.

D'une manière générale, les télégrammes spéciaux se distinguent des télégrammes simples ou ordinaires par certaines formules réglementaires, qui prennent le nom d'indications éventuelles, et qui doivent toujours prendre place immédiatement avant l'adresse, place obligatoire et caractéristique, où l'expéditeur est tenu de les écrire et où l'employé télégraphiste est également tenu de les maintenir en les transmettant. Par suite le libellé des télégrammes spéciaux comporte nécessairement et successivement :

1° En tête, les indications éventuelles : 2° l'adresse; 3° le texte; 4° la signature.

A l'exception des télégrammes pneumatiques (cartes-télégrammes et télégrammes fermés, qui sont jetés dans les boîtes spéciales placées à cet effet à l'entrée des bureaux télégraphiques, les dépêches doivent être déposées au guichet des bureaux télégraphiques par l'expéditeur ou

par son mandataire aux heures où ces bureaux sont ouverts au public. L'expéditeur a le droit d'en demander reçu contre payement d'une taxe uniforme de 10 centimes.

Les *indications éventuelles* qui caractérisent les *télégrammes spéciaux* doivent être écrites par l'expéditeur, sur la minute, *entre parenthèses, immédiatement avant l'adresse,* soit *in extenso,* soit sous la forme abrégée réglementaire; elles doivent être formulées en français.

Les principales locutions et les signes conventionnels correspondants sont les suivants :

LOCUTIONS.	SIGNES CONVENTIONNELS en usage dans le service	
	intérieur.	international.
1° Dans le service intérieur ou international.		
Télégramme privé urgent......	»	(D)
Télégramme collationné........	(T C)	(T C)
Accusé de réception télégraphique........................	(C R)	(C R)
Accusé de réception postal.....	(C R postal.)	»
Télégramme recommandé......	(T R)	»
Télégramme à faire suivre.....	(F S)	(F S)
Réponse payée................	(R P)	(R P)
Télégramme remis ouvert......	(R O)	(R O)
Exprès....................	»	(Exprès).
Exprès payé................	(X P)	(X P)
Exprès arrhes télégraphe.......	(Exprès arrhes télégraphe.)	»
Poste......................	(P P)	(P P)
Poste recommandée...........	(Poste recommandée.)	(Poste recommandée.)
Poste restante..............	(Poste restante.)	(Poste restante.)
Complément à percevoir...mots.	(Complément à percevoir ...... mots.)	(Complément à percevoir ...... mots.)
2° Dans le service intérieur seulement et sans emploi de signes conventionnels.		
Poste en gare................	»	»
Télégraphe restant...........	»	»
Avec reçu..................	»	»
Télégramme personnel *ou* Remettre en mains propres.....	»	»
Adresse intégrale à reproduire sur chaque copie à chacun des domiciles...............	»	»

NOTA. Les signes conventionnels abrégés ci-dessus sont comptés chacun pour un seul mot.

Dans les télégrammes-mandats, les indications éventuelles doivent être inscrites immédiatement après le nom et l'adresse du destinataire du mandat. Elles sont comprises dans le texte soumis à la taxe. Elles sont en outre reproduites dans le préambule pour être transmises gratuitement.

L'adresse d'un télégramme peut être écrite soit 1° *sous une forme abrégée ou convenue,* soit 2° *en langage ordinaire.*

Sous la forme convenue ou abrégée, elle doit contenir au moins deux mots : le premier représentant le nom et l'adresse du destinataire, le second indiquant le nom du bureau télégraphique de destination.

Les dépêches dont l'adresse est écrite sous une forme abrégée ou convenue ne sont acceptées qu'aux risques et périls de l'expéditeur.

Dans un télégramme adressé « télégraphe restant » ou « poste restante », le nom du destinataire peut être remplacé par des lettres, des chiffres ou des signes conventionnels; mais le receveur du bureau d'arrivée doit, au moment de la remise du télégramme, constater l'identité du destinataire, en faisant apposer, sur une feuille spéciale, la signature de ce destinataire, suivie de son adresse.

Une adresse ainsi formulée ne doit pas être admise si le télégramme doit être remis au destinataire à son domicile ou dans un hôtel.

L'adresse d'un télégramme doit comprendre toutes les indications nécessaires pour en assurer la remise au destinataire, sans recherches ni demandes de renseignements. Ces indications, à l'exclusion des noms de personnes, doivent être écrites en français ou dans la langue du pays de destination.

Les éléments essentiels de l'adresse sont :

(*a*) Le nom du destinataire écrit en toutes lettres, accompagné ou suivi, le cas échéant, du prénom, de la qualité, de la profession ou de telle autre indication nécessaire pour distinguer le véritable destinataire de ses homonymes.

La qualité du destinataire tient lieu de son nom toutes les fois qu'elle précise, sans doute possible pour le bureau d'arrivée, la personne à qui la dépêche est adressée. Par exemple : Syndic des agents de change, Paris; — Général de division, Dijon; — Préfet, Marseille, etc. Mais elle serait évidemment insuffisante dans les cas suivants : Agent de change, Lyon; — Commissaire de police, Paris, etc.;

(*b*) L'indication précise du lieu d'arrivée, sans confusion possible.

Si le lieu d'arrivée est pourvu d'un bureau télégraphique, il doit être désigné sous sa dénomination officielle, rigoureusement conforme à celle qu'il porte dans la nomenclature des bureaux télégraphiques. Lorsque cette dénomination est commune à plusieurs localités, on doit la compléter par l'indication du pays ou du département.

Si le lieu d'arrivée n'est pas pourvu d'un bureau télégraphique, il est nécessaire de le

désigner assez clairement pour prévenir toute confusion, en le complétant par la désignation de la commune ou du canton, lorsqu'il s'agit, par exemple, d'un hameau, d'un château ou d'une habitation isolée.

A la suite du lieu d'arrivée ainsi désigné, on doit toujours écrire le nom du bureau télégraphique destinataire.

Toutefois les télégrammes présentés pour une destination ou un bureau dont le nom ne figure pas dans la nomenclature des bureaux télégraphiques doivent être acceptés aux risques et périls de l'expéditeur, si celui-ci affirme que le lieu de destination est pourvu d'un bureau télégraphique. La déclaration reçue à ce sujet de l'expéditeur doit être formulée par écrit sur la minute du télégramme et signée par l'expéditeur ou par le mandataire de ce dernier. Dans ce cas, l'expéditeur est d'ailleurs tenu de préciser le lieu d'arrivée, d'une manière d'autant plus complète que ce nom n'est pas mentionné dans la nomenclature des bureaux télégraphiques.

Les adresses sommaires sont généralement insuffisantes, notamment pour les télégrammes à destination des grandes villes. On ne peut le plus souvent y assurer, sans recherches, la remise d'un télégramme, qu'en faisant suivre le nom du destinataire de sa qualité ou profession, ou bien du nom de la rue et du numéro de l'habitation.

Ces divers éléments, joints au nom du lieu d'arrivée, constituent l'adresse complète.

Divers télégrammes spéciaux comportent, dans le libellé de leur adresse, une formule spéciale qui doit être uniformément la même dans tous les cas analogues, ainsi :

(*a*) Dans les télégrammes sémaphoriques à destination des navires en mer, les nom et qualité du destinataire doivent être complétés par l'indication du nom ou du numéro officiel ainsi que de la nationalité du bâtiment destinataire;

(*b*) Dans un télégramme affranchi par *bon*, lorsqu'il est envoyé à l'expéditeur même du télégramme portant réponse payée et que l'on ne connaît pas l'adresse de cet expéditeur : il est interdit d'ajouter en préambule la mention « *réponse payée à N°* », à moins de comprendre cette mention dans le nombre des mots taxés.

Il est préférable de faire suivre le nom du destinataire, dont l'adresse est inconnue, des mots : « expéditeur du télégramme ..... du ...... » Ex. : Caron expéditeur télégramme 470 du 15 Limoges ;

(*c*) Dans un télégramme à remettre dans le *bureau d'arrivée*, il est rigoureusement interdit de se servir de cette locution « *bureau restant* » qui, étant vague et peu précise, ne permet pas de distinguer le service postal du service télégraphique.

L'expression « *poste restante* » doit seule être employée pour désigner le guichet de la poste comme lieu de remise.

L'expression « *télégraphe restant* » est, de même, seule admise pour désigner comme lieu de remise le bureau télégraphique destinataire.

Le texte peut être rédigé en *langage clair*, ou en *langage secret*, c'est-à-dire *convenu* ou *chiffré*, toutes les fois que l'État où se trouve le lieu de destination admet ce dernier mode de correspondance.

Les télégrammes en *langage clair* sont ceux qui offrent un sens compréhensible en l'une quelconque des vingt-neuf langues admises pour la correspondance internationale.

Les télégrammes ne sont pas considérés comme rédigés en langage clair, s'ils renferment des mots isolés ou des suites de mots dénaturés ou détournés de leur signification habituelle.

Les séries de mots, de chiffres ou de lettres, réunis de manière à former un sens intelligible, constituent le langage clair. Il appartient d'ailleurs au bureau de départ d'apprécier si un télégramme peut être considéré comme rédigé en langage clair.

Les langues admises pour la correspondance internationale en langage clair sont au nombre de vingt-neuf, savoir : le français, l'anglais, l'allemand, l'arménien, le bohème, le bulgare, le croate, le danois, l'espagnol, le flamand, le grec, l'hébreu, le hollandais, le hongrois, l'illyrique, l'italien, le japonais, le norvégien, le polonais, le portugais, le roumain, le routhène, le russe, le serbe, le slovaque, le slovène, le suédois, le turc et le latin.

Dans tous les cas, les télégrammes doivent être écrits en caractères romains, quelle que soit la langue employée.

Lorsqu'ils sont destinés au service intérieur et qu'ils ne sont pas rédigés en français, l'expéditeur peut être tenu d'en donner la traduction par écrit. Cette traduction est obligatoire pour les dépêches qui ne sont pas remises directement aux guichets des bureaux télégraphiques. (Décret du 16 avril 1881, article 2, § 2.)

Les télégrammes sémaphoriques doivent être rédigés, soit dans la langue du pays où est situé le sémaphore chargé de les signaler, soit

en signaux du Code commercial universel. Dans ce dernier cas, ils sont considérés comme des télégrammes chiffrés.

Le langage secret, qui comprend les télégrammes rédigés en *langage convenu* et les télégrammes rédigés en *langage chiffré*, est admis pour les correspondances à destination de la France et de l'Algérie et pour la correspondance internationale avec l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique, le Danemark, l'Espagne, la Grande-Bretagne et Gibraltar, la Grèce, la Hongrie, l'Italie, le Luxembourg, la Norvège, les Pays-Bas, le Portugal, la Russie, la Suède, la Suisse et les îles de Corfou, d'Héligoland et de Malte.

Il est admis, dans le régime extra-européen, sans aucune restriction :

Pour les relations avec l'Égypte par les voies de terre (*El-Arich et Batoum*) et la Russie d'Asie;

Avec restriction aux groupes de chiffres et exclusion des groupes de lettres, pour toutes les autres relations, sauf pour la Perse, qui n'accepte pas le langage secret.

Pour Cuba, la correspondance secrète est admise, mais le gouvernement cubain se réserve d'exiger la traduction des télégrammes au départ ou à l'arrivée.

La correspondance secrète n'est acceptée en Europe sous aucune forme :

Par la Bosnie et l'Herzégovine, la Bulgarie, le Monténégro, la Roumanie, la Serbie et la Turquie.

a. *Langage convenu.* On entend par langage convenu l'emploi de mots qui, tout en présentant chacun un sens intrinsèque, ne forment point des phrases compréhensibles pour les bureaux ou les offices en correspondance.

Dans le service intérieur et le régime européen, les télégrammes en langage convenu ne doivent contenir que des mots appartenant à l'une des langues admises par les États de l'Union pour la correspondance internationale en langage clair.

Tout télégramme en langage convenu ne doit contenir que des mots puisés dans une même langue et présentant chacun un sens intrinsèque.

Dans le régime extra-européen, les télégrammes en langage convenu ne peuvent contenir que des mots appartenant aux langues allemande, anglaise, espagnole, française, italienne, néerlandaise, portugaise et latine. Tout télégramme peut contenir des mots puisés dans toutes les langues susmentionnées.

Les noms propres ne sont admis dans la rédaction des télégrammes en langage convenu qu'avec leur signification en langage clair.

Le bureau d'origine peut demander la production du vocabulaire qui a servi à la composition des télégrammes en langage convenu, afin de contrôler l'exécution des dispositions qui précèdent.

b. *Langage chiffré.* Sont considérés comme télégrammes en langage chiffré :

(*a*) Ceux qui contiennent un texte chiffré ou en lettres secrètes;

(*b*) Ceux qui renferment soit des séries ou des groupes de chiffres ou de lettres dont la signification ne serait pas connue du bureau d'origine, soit des mots, des noms, ou des assemblages de lettres ne remplissant pas les conditions exigées pour le langage.

Le texte des télégrammes chiffrés peut être soit entièrement secret, soit en partie secret et en partie clair. Dans ce dernier cas, les passages secrets doivent être placés entre deux parenthèses, les séparant du texte ordinaire qui précède ou qui suit. Le texte chiffré doit être composé exclusivement de lettres de l'alphabet ou exclusivement de chiffres arabes.

Les télégrammes sémaphoriques rédigés en signaux du code commercial universel sont considérés comme des télégrammes chiffrés.

Les signaux du code commercial se composent de dix-huit pavillons, représentant les consonnes B, C, D, F, G, H, J, K, L, M, N, P, Q, R, S, T, V, W.

Pour la correspondance intérieure, tout télégramme doit être signé par l'expéditeur, qui est en outre tenu d'inscrire, d'une manière complète, son nom et son adresse sur la minute. Cette dernière indication n'entre dans le compte des mots soumis à la taxe que si l'expéditeur en a demandé la transmission.

Pour la correspondance internationale, la signature peut revêtir la forme abrégée ou être omise. L'expéditeur doit néanmoins indiquer, au bas de la minute, son nom et son domicile, mais ces indications ne sont pas soumises à la taxe.

La signature, toutes les fois qu'elle figure dans les mots à taxer et à transmettre, doit être placée après le texte.

Télégrammes spéciaux. — Télégrammes portant certaines indications éventuelles spéciales et soumis, pour ce fait, à une taxe particulière.

Télégrammes officiels. — Ce sont les télégrammes qui, intéressant le service de l'État, sont expédiés par des fonctionnaires publics auxquels le droit de franchise télégraphique a été accordé par arrêté ministériel.

Le droit de franchise télégraphique implique, pour la correspondance des personnes qui en

sont investies, d'une part, la priorité de la transmission et, d'autre part, l'exonération de la taxe.

Dans le service intérieur, les expressions *extrême urgence* et *urgence* sont réservées exclusivement aux dépêches officielles. Toutefois l'expression « P. urgent » peut précéder la transmission d'un télégramme *taxé*, lorsqu'un télégramme est signé par un fonctionnaire public et qu'il traite d'affaires administratives urgentes.

La mention *P. urgent* implique un droit de priorité. Elle ne doit être accordée qu'avec réserve, sous la responsabilité du receveur et après un examen attentif du texte du télégramme.

La franchise télégraphique est « directe » ou « indirecte ».

La franchise « directe » appartient aux seuls fonctionnaires ou agents auxquels elle a été conférée par décision ministérielle et dans les limites fixées par cette décision.

L'état général des franchises contient la désignation de toutes les personnes qui sont investies de la franchise directe et précise pour chacune d'elles l'étendue de leur droit. Tout fonctionnaire ou agent possédant le droit de franchise ne le conserve que dans le ressort même où il exerce ses fonctions.

Hors de ce ressort, il perd tout droit à la franchise, excepté dans le cas où, faute de bureau télégraphique sur les lieux mêmes, il est amené à déposer ses dépêches dans un bureau établi dans quelque localité voisine.

La franchise indirecte est conférée par le *visa* qu'appose sur un télégramme qui traite d'affaires de service un fonctionnaire ou agent investi lui-même de la franchise directe. Le *visa* doit être demandé par l'agent signataire de la dépêche à son chef hiérarchique. A défaut du chef hiérarchique, le visa peut être demandé à une autre autorité compétente.

Doit être considéré comme nul et non avenu tout « visa » délivré par un fonctionnaire ou agent auquel n'appartient pas le droit de correspondre en franchise avec le destinataire de la dépêche.

Le droit de franchise ou de visa peut être délégué par tout fonctionnaire ou agent à son substitut, suppléant ou intérimaire régulier.

Les noms et signatures des délégués doivent toujours être régulièrement accrédités auprès du receveur, par l'intermédiaire du directeur départemental.

Lorsqu'un télégramme « officiel » demande une réponse et renferme explicitement l'ordre de répondre par télégraphe, le destinataire est admis, sur la présentation de ce télégramme officiel, à user du droit de franchise pour la transmission de cette réponse avec dispense du visa.

L'exercice du droit de franchise donne lieu à « contravention » ou à « abus ».

Il y a « contravention » toutes les fois que l'expéditeur du télégramme présenté comme officiel :

N'est pas investi du droit de franchise directe, soit qu'il ne figure pas sur l'état général des franchises, soit qu'au moment où il prétend user de ce droit, il ne se trouve pas dans la circonscription du ressort où il exerce ses fonctions;

Ou bien n'adresse pas le télégramme à l'un des fonctionnaires avec lesquels il est autorisé à correspondre en franchise, suivant les désignations précises de l'état général des franchises;

Ou enfin se prévaut d'un visa délivré par un fonctionnaire qui outrepasse lui-même les limites de son droit.

Ainsi un préfet ne peut user de la franchise hors de son département; de même un sous-préfet ou un procureur de la République, hors de son arrondissement; de même un général, en dehors des limites de son commandement. Le maire d'une commune située dans un arrondissement de sous-préfecture n'a pas la franchise avec le préfet du département.

Un receveur des domaines, dans un chef-lieu de canton, ne peut pas correspondre en franchise avec son directeur, que sa dépêche soit visée ou non par le maire de la commune, le visa n'étant pas valable. Un ingénieur en chef chargé du canal de l'Est ne peut pas requérir la franchise à Paris, ni ailleurs que dans les limites de sa circonscription administrative.

Tout télégramme présenté « en contravention » doit, quel qu'en soit l'objet, être rigoureusement refusé comme « officiel ». Il ne peut être transmis qu'après avoir été soumis à la taxe. Toutefois, si l'expéditeur en fait la demande, ce télégramme est admis à jouir d'un droit de priorité et le préambule est, dans ce cas, précédé de la formule *P. urgent*.

L'incident auquel donnent lieu le dépôt et la taxation des télégrammes de cette catégorie est signalé immédiatement, par rapport spécial, au directeur du département.

Tout télégramme présente en « contraven-

tion » qui aurait été, malgré l'interdiction ci-dessus, accepté et transmis comme « officiel », devra être signalé par le receveur du bureau destinataire à son directeur départemental. Ce fonctionnaire en communiquera une copie au bureau compétent de l'administration centrale. Celle-ci taxera d'office le télégramme « en contravention » au compte des receveurs des bureaux d'origine, qui seront tenus de verser à leur caisse le montant des taxes, sauf recours contre les expéditeurs.

Lorsqu'un gérant de bureau municipal ou un *chef de* gare a accepté et transmis comme officiel un télégramme en « contravention », le *premier* bureau principal qui reçoit ce télégramme ou, à son défaut, le bureau chef-lieu *doit,* par un avis de service, appeler l'attention du bureau expéditeur sur l'irrégularité de la transmission et l'inviter à réclamer la taxe. En cas de refus, on donnera néanmoins cours à la correspondance, mais en la signalant au bureau compétent de l'administration centrale.

Il y a « abus » toutes les fois que le télégramme expédié comme « officiel » a trait à des affaires d'intérêt privé ;

Ou ne présente pas un caractère suffisant d'urgence pour justifier la transmission par télégraphe, alors que l'emploi de la voie postale aurait permis aux correspondances d'arriver en temps utile ;

Ou, enfin, n'a pas ou ne paraît pas avoir de rapport avec l'objet spécial en vue duquel la franchise a été accordée.

Sont, entre autres, « abusifs » : les télégrammes qui sont relatifs à des demandes de congé ; les demandes en autorisation ou les autorisations de transport de corps ; les télégrammes d'un ingénieur (autorisé dans l'intérêt du service des crues des cours d'eau) traitant une question du service ordinaire ; les télégrammes d'un commissaire de surveillauce administrative n'ayant pas pour objet direct de signaler des accidents survenus sur les voies ferrées ; les télégrammes qui traitent d'affaires ne paraissant avoir aucun caractère urgent ou qui, semble-t-il, auraient pu et dû être expédiés par voie postale.

Toutes les fois que le receveur du bureau d'origine juge qu'il y a « abus », il en fait observation à l'expéditeur et l'avise de l'obligation qui lui incombe de signaler le télégramme abusif au ministère. Si l'expéditeur insiste, le télégramme est accepté et transmis gratuitement. Mais le receveur en transmet immédiatement une copie, avec des explications convenables, au directeur du département.

Les télégrammes officiels peuvent être rédigés en langage ordinaire ou bien en langage conventionnel ou en chiffres, au choix des expéditeurs. Ils sont admis dans toutes les relations, soit intérieures, soit internationales. Ils peuvent être adressés à tout bureau télégraphique ou même à une gare située sur un réseau quelconque :

« Dans toutes les stations où il n'existe pas d'appareil de l'État, les compagnies seront tenues de faire transmettre et recevoir par leurs agents toutes les dépêches du gouvernement. »

Cette obligation est imposée à toutes les gares, ouvertes ou non à la télégraphie privée. Elle doit être appliquée dans tous les cas, hormis celui où une gare, quoique pourvue d'appareils télégraphiques, ne se trouverait pas d'une manière permanente dans le circuit d'un conducteur électrique.

Les indications inutiles, les formules de politesse et surtout les titres inscrits dans l'adresse par l'expéditeur, sont supprimés d'office par l'agent télégraphiste.

Exemple :

Adresse originale.

Le Maire de la ville de Ligny
A Monsieur le Préfet de la Meuse,
A Bar-le-Duc.

Adresse télégraphique.

Maire à Préfet, Bar-le-Duc.

Il importe toutefois, dans la rédaction simplifiée de l'adresse, de ne pas éliminer certains renseignements indispensables pour assurer la remise du télégramme à son véritable destinataire.

En général, la signature de l'expéditeur, hormis dans quelques cas très rares qui sont laissés à l'appréciation du receveur, et les formules de politesse qui peuvent terminer un télégramme officiel sont biffées avant transmission.

Au moment du dépôt d'un télégramme officiel, le receveur ou, à son défaut, le commis principal ou même le commis responsable, examine tout d'abord si l'expéditeur a droit à la franchise et si l'objet du télégramme ne constitue pas un abus.

Si l'agent juge qu'il y a, soit « contravention », soit « abus », on procède ainsi qu'il est prescrit aux paragraphes précédents.

Télégrammes et avis de service. — Les télégrammes relatifs au service des télégraphes intérieurs ou internationaux sont transmis en franchise.

Les avis de service émanant des divers bureaux et relatifs aux accidents de transmission circulent sur le réseau intérieur et sur le réseau international également en franchise.

Les télégrammes de service sont rédigés en français.

Cette disposition est applicable aux indications du préambule et aux avis de service ou d'office qui accompagnent la transmission des correspondances.

La signature n'est pas transmise dans les télégrammes de service : quand il s'agit d'avis de service échangés entre bureaux, au sujet des incidents de la transmission, on transmet simplement le numéro et le texte du télégramme, sans adresse ni signature.

Les télégrammes de service se distinguent en télégrammes de service proprement dits, et en avis de service.

Les télégrammes de service proprement dits sont ceux qui, émanant soit de l'administration centrale, soit des fonctionnaires dûment autorisés, ont trait à des questions d'administration, de personnel, de construction. Tels sont, entre autres, les télégrammes échangés entre les directeurs départementaux et leurs subordonnés pour régler des questions d'exploitation postale, de comptabilité ou de locaux, pour prescrire des mouvements de personnel ou des mesures d'organisation, — les télégrammes échangés entre les directeurs départementaux et les ingénieurs, entre les ingénieurs et leurs subordonnés, en vue des travaux ou des opérations à concerter ou à exécuter.

Sont toutefois considérés comme de simples avis de service les dépêches échangées par les directeurs ou inspecteurs, — ingénieurs, les directeurs ou inspecteurs de l'exploitation, entre eux et avec leurs subordonnés, à l'occasion des dérangements de lignes ou de bureaux ou bien en vue de donner suite soit à des remplacements urgents de matériel de poste, soit à des agents de surveillance à envoyer sur les lignes (service des dérangements).

Les télégrammes de service prennent rang immédiatement après les télégrammes officiels ; ils peuvent être transmis par urgence et précédés, dans le préambule, de l'indice « off ». La taxe en est calculée et comprise dans les relevés statistiques mensuels au compte du ministère des postes et des télégraphes.

Les télégrammes de service doivent être limités aux cas qui présentent un caractère d'urgence.

Ils peuvent être émis en langage secret dans toutes les relations.

Les renseignements qui ne présentent point un caractère d'urgence sont demandés ou donnés par la poste.

Les télégrammes de service qui seraient jugés non urgents ou abusifs doivent être signalés comme tels au bureau compétent de l'administration centrale.

Les avis de service sont échangés de bureau à bureau, sur l'initiative d'un bureau, jamais à la demande du public. Ils ont trait soit au fonctionnement des lignes, des fils ou des appareils en exploitation, soit au service des transmissions proprement dites.

Ils ne peuvent être rédigés et émis que par le receveur ou son délégué, qui sont tenus de les signer. Ce délégué du receveur est un commis principal ou un employé responsable, dûment autorisé en vertu de dispositions spéciales qui sont notifiées au personnel par la voie du livre d'ordres.

Le fonctionnaire qui a signé un avis de service en demeure responsable.

Il est rigoureusement interdit, sous peine de répétition de taxe et sans préjudice de telle autre mesure disciplinaire que l'administration jugerait devoir infliger, à tout agent, quel qu'il soit, de mettre en transmission un avis de service non signé par le receveur ou son délégué.

Télégrammes de presse. — Ce sont les télégrammes expédiés aux journaux par leurs correspondants attitrés, et qui ne contiennent aucune correspondance personnelle (V. TAXE).

Télégrammes-mandats. — L'émission des *télégrammes-mandats* est confiée aux guichets télégraphiques qui sont considérés, au point de vue de ces opérations spéciales, comme guichets succursales du service de la poste.

Les télégrammes-mandats peuvent être émis pour être payés par tout bureau de poste et télégraphe figurant à la nomenclature avec le signe ⌧.

Ils ne peuvent dépasser la somme de 5000 francs.

Aucun dépôt excédant cette somme de 5000 francs ne devra être accepté. Si l'expéditeur demande à expédier une somme supérieure, en prenant plusieurs mandats, le receveur doit lui faire remarquer que le maximum de 5000 francs a été établi d'après les ressources dont, en général, peuvent disposer la plupart

des bureaux de poste, et que dépasser ce maximum, en expédiant plusieurs mandats, serait s'exposer à voir retarder le payement au lieu de destination. Si l'expéditeur persiste, il est fait droit à sa demande.

Lorsqu'une personne se présente pour expédier un mandat, on doit l'inviter à remplir toutes les indications de la formule (modèle nº 16 quinquiès) et s'assurer que le lieu de destination est autorisé à recevoir et à payer des mandats télégraphiques. Les noms de l'envoyeur et du destinataire ne peuvent être remplacés par des initiales. Toutefois, au lieu et place d'un nom propre, on peut designer le bénéficiaire par une raison sociale ou par une fonction nettement et complètement formulée.

A la suite du nom du bénéficiaire, doivent être inscrites les *indications éventuelles* qui peuvent être utiles, le cas échéant, pour préciser le mode de remise, telles que : *exprès payé, poste restante, poste recommandée, télégraphe restant.*

On peut, en outre, faire suivre l'adresse des *indications éventuelles* suivantes : *collationné, accusé de réception, accusé de réception postal, télégramme recommandé, télégramme personnel* ou *remettre en mains propres.*

Toutes les autres mentions sont formellement interdites.

Télégrammes urgents. — En payant une taxe spéciale, on peut assurer à un télégramme privé la priorité de transmission sur tous les autres télégrammes privés.

Ces télégrammes sont désignés par le mot *urgent* ou par le signe (D), inscrit avant l'adresse, et qui doit être transmis avant le préambule. Ces télégrammes sont admis seulement dans le service international, mais ils doivent, même en France, être transmis par priorité sur les autres télégrammes privés, et leur priorité entre eux est réglée par l'ordre de leur dépôt ou de leur réception.

Télégrammes sémaphoriques. — Les *télégrammes sémaphoriques* proprement dits sont les télégrammes échangés avec les navires en mer par l'intermédiaire des sémaphores établis sur le littoral. Ils doivent être rédigés, soit dans la langue du pays où est situé le sémaphore chargé de les signaler, soit en signaux du code commercial universel.

Dans ce dernier cas, ils sont considérés comme des télégrammes chiffrés.

Toutefois, dans la correspondance entre les bâtiments de guerre français et les sémaphores du territoire, l'usage des dix chiffres arabes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0 est autorisé; mais il est interdit de combiner les chiffres avec les lettres. Le nombre des signaux dont chaque groupe peut se composer est de quatre.

Quand les télégrammes sémaphoriques sont à destination des navires en mer, l'adresse doit comprendre, outre les indications ordinaires, le nom ou le numéro officiel du bâtiment destinataire et sa nationalité.

Tout télégramme sémaphorique doit porter dans le préambule l'indication « sémaphorique ».

Les télégrammes provenant d'un navire en mer sont transmis à destination en signaux du code commercial, lorsque le navire expéditeur l'a demandé. Dans le cas où cette demande n'a pas été faite, ils sont traduits en langage ordinaire par le préposé du poste sémaphorique et transmis à destination.

Télégrammes collationnés. — Le *collationnement* d'un télégramme est la répétition intégrale de ce télégramme de bureau à bureau. L'indication éventuelle est le mot *collationné* ou le signe (TC), inscrit avant l'adresse. Le texte du collationnement n'est pas remis à l'expéditeur. Les télégrammes officiels sont toujours collationnés.

Télégrammes avec accusé de réception. — L'*accusé de réception* d'un télégramme est la transmission, par le bureau d'arrivée, de la date et de l'heure de remise de ce télégramme au domicile du destinataire.

L'expéditeur qui demande que l'accusé de réception d'un télégramme lui soit notifié aussitôt après la remise de celui-ci, inscrit avant l'adresse l'indication (accusé de réception) ou le signe conventionnel (CR).

L'accusé de réception est annoncé par l'abréviation « CR » et transmis dans la forme suivante :

CR. Paris de..... Télégramme nº..... remis à..... (adresse du destinataire), le..... (date, heure et minute), ou (motif de non-remise).

Télégrammes recommandés. — Le *télégramme recommandé* n'est admis que dans le régime intérieur.

Tout expéditeur a la faculté de recommander son télégramme en inscrivant avant l'adresse l'indication (recommandé) ou le signe (TR), à comprendre dans le nombre de mots taxés.

Le télégramme recommandé donne lieu au collationnement intégral et à l'accusé de réception prévus par les paragraphes ci-dessus.

Les télégrammes en langage secret ou convenu sont obligatoirement soumis à la recommandation.

Télégrammes à faire suivre. — Tout expéditeur peut, en inscrivant avant l'adresse l'indication (*faire suivre*) ou le signe (*FS*), demander que le bureau d'arrivée fasse suivre son télégramme dans les limites adoptées pour le service international du régime européen, les télégrammes à faire suivre n'étant pas acceptés en dehors de l'Europe.

Le télégramme peut renfermer des adresses successives, si l'expéditeur indique, par la rédaction de l'indication du *faire suivre*, que le télégramme doit être transmis successivement à chacune des destinations, jusqu'à la dernière inclusivement, s'il y a lieu (Voy Taxe).

Télégrammes multiples. — Un *télégramme multiple* peut être adressé soit à plusieurs destinataires dans une même localité, soit à un même destinataire, à plusieurs domiciles, dans la même localité.

En transmettant un télégramme adressé, dans une même localité ou dans des localités différentes, mais desservies par un même bureau télégraphique, à plusieurs destinataires ou à un même destinataire à plusieurs domiciles, avec ou sans réexpédition par la poste ou par exprès, il faut indiquer dans le préambule le nombre des adresses.

Il est interdit d'accepter et de traiter comme télégramme multiple un télégramme qui serait adressé à plusieurs localités télégraphiques différentes.

Si, dans un télégramme multiple, chaque exemplaire envoyé par le bureau d'arrivée à chacun des destinataires doit porter la totalité des adresses, l'expéditeur est tenu de le faire connaître par une mention explicite qui doit entrer dans le corps de l'adresse et, par suite, dans le nombre des mots taxés.

Les télégrammes multiples ne sont pas acceptés par les compagnies « Anglo-American », « Direct-Cable » et « Brazilian submarine ». La Compagnie « Française » les accepte en principe; mais les compagnies américaines ne les recevant pas, on ne devra pas expédier de télégrammes multiples en Amérique. Toutes les autres compagnies et les offices extra-européens qui suivent les règles de la Convention, c'est-à-dire l'Australie, les Indes britanniques, le Japon, la Perse, la Russie, l'Asie, la Nouvelle-Zélande, etc., les acceptent.

Télégrammes remis ouverts. — Le télégramme est *remis ouvert* lorsque l'expéditeur l'a demandé par une indication insérée dans sa dépêche, immédiatement avant l'adresse.

Les dépêches d'arrivée qui portent la mention « remis ouvert » ou « *RO* » sont portées aux destinataires dans les mêmes conditions que les télégrammes ordinaires; seulement les plis ou enveloppes ne sont pas cachetés. La seule modification aux dispositions habituelles consiste donc à ne pas clore l'envoi. En outre, l'indication *ouvert* doit être portée sur l'adresse, soit à la main, soit au moyen d'un timbre, afin que le destinataire n'attribue pas ce défaut de clôture à un oubli, et que les personnes auxquelles la dépêche serait remise en l'absence du destinataire ne se fassent pas scrupule d'en prendre connaissance.

Au départ, on doit accepter les télégrammes à remettre ouverts pour toutes les destinations comprises dans le service intérieur, ainsi que pour l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique, la Bosnie-Herzégovine, le Danemark, l'Espagne, la Grèce, la Hongrie, l'Italie, la Norwège, les Pays-Bas, le Portugal, la Roumanie et la Suisse, l'île d'Héligoland et l'île de Malte, par Marseille ou Bône.

Dans le régime extra-européen, on peut les accepter également pour les îles Madère et Saint-Vincent, par la voie du câble direct de Lisbonne, pour Aden, les Indes néerlandaises, le Japon, la Cochinchine française et la Nouvelle-Zélande.

Les télégrammes à remettre ouverts ne son pas admis, au départ, pour les destinations suivantes :

Dans le régime européen, la Bulgarie, la Grande-Bretagne, le Luxembourg, le Monténégro, la Russie, la Serbie, la Suède et la Turquie ;

Dans le régime extra-européen, l'Australie du Sud, les Indes-Britanniques, l'Amérique (Nord et Sud), l'Afrique (Est et Sud), les colonies anglaises du Cap et de Natal, l'Office Indo-Européen (Afghanistan, Béloutchistan, Birmanie), la Chine, l'Égypte, la presqu'île de Malacca, Penang et Singapore, la Perse et le golfe Persique.

Télégrammes personnels. — Le bureau d'arrivée se conforme exactement aux indications suivantes, qui seraient formulées avant l'adresse : *Télégramme personnel* ou bien *remettre à lui-même* ou *en mains propres*. Le facteur a le devoir de ne délivrer les télégrammes dont l'adresse serait ainsi formulée qu'à la personne même dont le nom figure dans l'adresse.

On fait signer un reçu par le destinataire, l'expéditeur étant tenu de payer, en ce cas, la taxe du récépissé, et d'inscrire avant l'adresse les mots : (avec reçu).

Télégrammes adressés télégraphe restant et poste

restante. — L'indication *télégraphe restant* signifie que le télégramme doit être conservé au bureau du télégraphe pour être remis, au guichet, au destinataire dont l'identité a été constatée préalablement.

Si l'adresse d'un télégramme « télégraphe restant » est convenue, ou abrégée, ou formulée en chiffres ou bien en lettres, le destinataire doit être invité à apposer sur le reçu réglementaire sa signature, suivie de l'indication de son domicile.

Il est rigoureusement interdit d'employer l'expression *bureau restant*, qui ne permet pas de distinguer le service postal du service télégraphique.

De même, l'expression *poste restante* doit seule être employée pour désigner le guichet de la poste comme lieu de remise.

Télégrammes avec réponse payée.— L'expéditeur d'un télégramme peut payer l'affranchissement de la réponse. Il écrit avant l'adresse et entre parenthèses (Réponse payée) ou (RP), qu'il fait suivre du nombre de mots payés pour la réponse. Si ces indications figurent ailleurs qu'avant l'adresse, ou si elles ne sont pas formulées en langue française, elles sont considérées comme nulles et non avenues.

Le nombre de mots de la réponse est illimité dans le service intérieur; dans le service international, on ne peut excéder la taxe de trente mots, pour le même parcours.

Télégrammes par exprès. — Lorsqu'un télégramme doit être, à partir du bureau d'arrivée, envoyé par exprès au destinataire, on doit, dans le service intérieur, inscrire avant l'adresse les mots *Exprès payé* ou (XP), et faire suivre dans l'adresse le nom de la localité destinataire du nom du bureau télégraphique le plus voisin.

Il est interdit, dans le service intérieur, de se borner à inscrire avant l'adresse le seul mot *Exprès*.

Si l'expéditeur ou le bureau d'origine ne connaissent pas le nom du bureau télégraphique le plus rapproché de la localité du destinataire, on se borne à inscrire dans l'adresse, après le lieu de destination, le nom du bureau chef-lieu d'arrondissement ou de département auquel appartient ce lieu.

Dans le service international, l'envoi par exprès ne peut être demandé que pour les États qui ont organisé, pour la remise des télégrammes, un mode de transport plus rapide que la poste (Voy. Taxe télégraphique).

Si l'expéditeur n'a pas payé d'avance les frais d'exprès, la mention à inscrire par lui, avant l'adresse, se compose du seul mot *exprès*.

Si l'expéditeur affranchit le transport au delà du bureau d'arrivée, *il doit payer non seulement les frais d'exprès, mais encore un accusé de réception*. Dans ce cas, il doit inscrire avant l'adresse la double indication éventuelle :

(*XP*) ou (*exprès payé*) et (*CR*).

Télégrammes par poste. — Lorsque l'expéditeur demande que son télégramme soit envoyé par la poste au lieu de destination, par les soins du bureau télégraphique d'arrivée, il le fait savoir en inscrivant avant l'adresse du télégramme l'indication éventuelle (*Poste*) ou (*PP*), si l'envoi doit avoir lieu par lettre ordinaire, ou (*Poste recommandée*), si l'expéditeur verse la taxe de la recommandation postale (Voy. Taxe).

Télégrammes avec reçu. — Voy. Taxe.

TÉLÉGRAPHE ÉLECTRIQUE. — Appareil électrique permettant de correspondre à distance. Le premier télégraphe électrique, proposé par Ampère vers 1820, se composait de galvanomètres, aussi nombreux que les lettres de l'alphabet; une sorte de clavier permettait d'envoyer le courant à volonté dans les divers appareils. Le premier télégraphe à cadran fut construit par Romalds en 1823; le télégraphe de Morse fut imaginé en 1838.

Tout appareil télégraphique comprend deux parties essentielles : le *récepteur*, qui reproduit les signaux servant à la correspondance, et un interrupteur, qui sert à envoyer le courant dans le récepteur ou à l'interrompre : c'est le *manipulateur*.

Le système d'Ampère avait l'inconvénient d'exiger un trop grand nombre de fils. Il a été simplifié à plusieurs reprises et a donné naissance à un certain nombre d'appareils à aiguille aimantée. Le plus simple est celui de Cooke et Wheatstone, qui comprend seulement une ou deux aiguilles, dont les oscillations sont limitées par de petits buttoirs. Le manipulateur est formé d'une ou deux manettes permettant d'envoyer des courants positifs ou négatifs dans les cadres des deux aiguilles. Celles-ci reproduisent les mouvements des manettes. On combine le nombre et le sens des oscillations des aiguilles pour représenter les différentes lettres. L'appareil à deux aiguilles exige deux fils de ligne.

Télégraphes à cadran.

Télégraphe de Bréguet. — L'un des systèmes les plus anciens consiste dans l'emploi d'un cadran récepteur qui porte les lettres de l'alphabet. Une aiguille, mue par le courant, par-

court le cadran en s'arrêtant un instant sur chacune des lettres transmises. Ce système a l'inconvénient de donner des signaux fugitifs, dont il ne reste aucune trace.

Récepteur. — Le récepteur du télégraphe Bréguet (fig. 897) présente un cadran portant les vingt-cinq lettres de l'alphabet et une croix qui indique la position de repos. Sur ce cadran

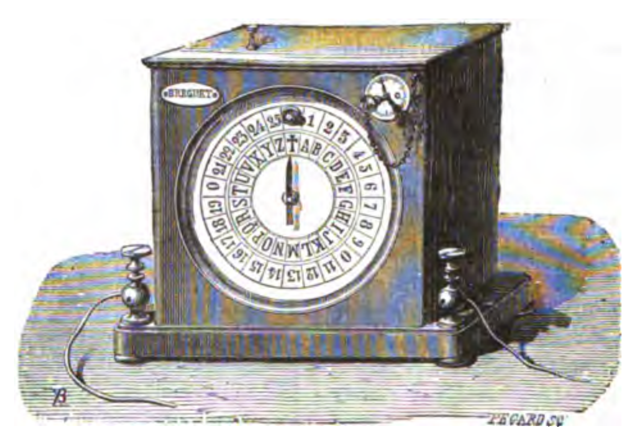


Fig. 897. — Récepteur à cadran de Bréguet.

tourne, de gauche à droite, une aiguille calée sur un même axe horizontal avec deux roues à rochet parallèles, munies chacune de treize dents, et disposées de telle sorte que les dents de la seconde soient placées dans les vides laissés par celles de la première. On voit quelques-unes de ces dents au centre de la figure 898. Un mécanisme d'horlogerie commande l'axe

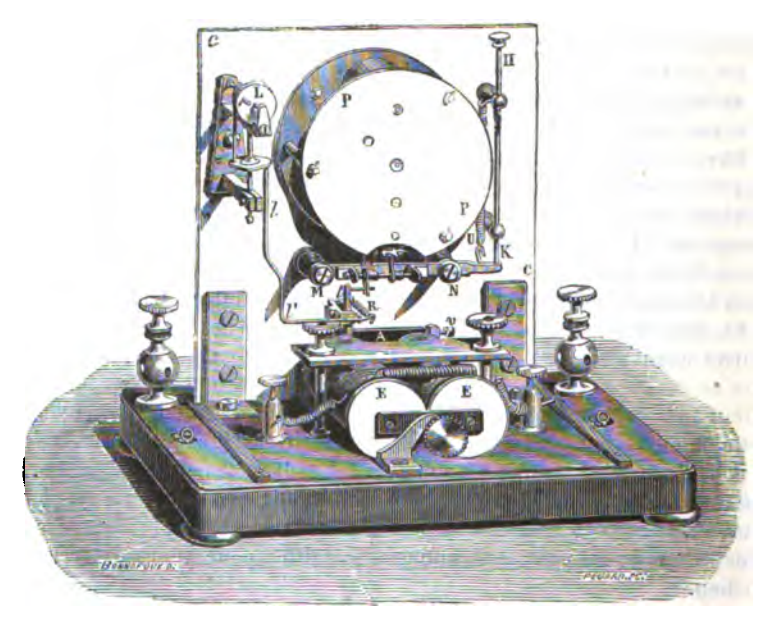


Fig. 898. — Mécanisme du récepteur de Bréguet.

horizontal et tend à entraîner rapidement l'aiguille et les roues à rochet; mais l'appareil est arrêté par une tige saillante qui, dans la position de repos, est en prise avec l'une des dents de la roue postérieure; cette tige est fixée à l'arbre MN, qui peut tourner autour de son axe. Cet arbre porte encore une fourchette, dans laquelle s'engage le doigt horizontal qui

termine une tige t, fixée à l'armature A de l'électro-aimant EE. Cette armature peut tourner autour de l'axe vv, et se trouve, au repos, écartée de l'électro-aimant par le ressort R, fixé à la tige coudée ll', qui s'appuie sur une pièce L, découpée en forme d'hélice, de sorte qu'en tournant le bouton, qu'on voit à droite sur un petit cadran (fig. 897), on tend plus ou moins fortement le ressort R.

Supposons l'aiguille du cadran placée sur la croix. Si on lance un courant dans l'électro-aimant EE, la palette A est attirée; la tige t bascule en arrière; son doigt agit sur la fourchette, et la tige saillante, se déplaçant d'arrière en avant, abandonne la roue postérieure et vient se placer dans le plan de la roue antérieure. Pendant ce déplacement, le système des deux roues est rendu libre et le mécanisme les entraîne ainsi que l'aiguille. Mais la tige saillante arrête bientôt la première dent de la roue antérieure qui se présente. L'aiguille a donc avancé seulement de $\frac{1}{26}$ de tour; si elle était d'abord sur la croix, elle est passée sur la lettre A, et elle reste dans cette position tant que dure l'émission de courant. Si le courant est interrompu, la palette est ramenée à sa première position par le ressort antagoniste R; la tige

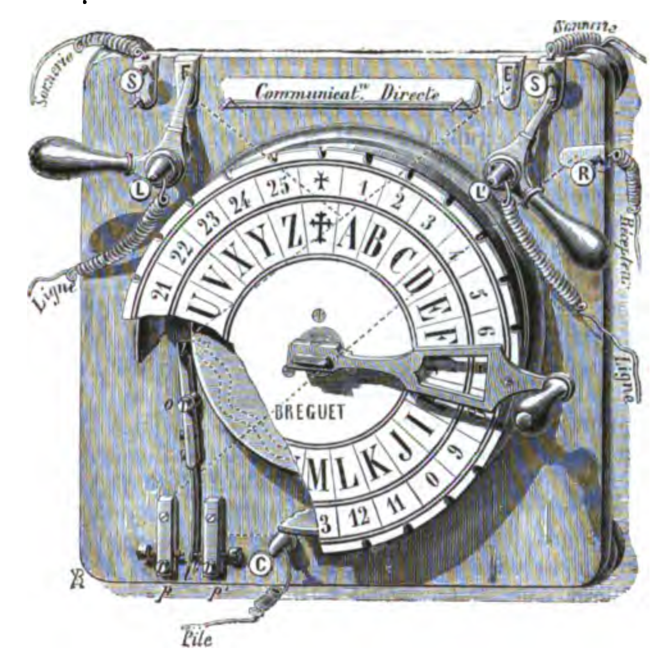


Fig. 899. — Manipulateur Bréguet à deux directions.

saillante passe de la roue antérieure à la roue postérieure, et, pendant ce déplacement, elle laisse échapper l'aiguille, qui avance encore de $\frac{1}{26}$ de tour et arrive à la lettre B. Chaque émission ou interruption de courant fait donc avancer l'aiguille d'une lettre.

Manipulateur. — Le manipulateur est disposé de telle sorte que la personne chargée de transmettre connaisse à chaque instant la position de l'aiguille du récepteur. Il est formé pour cela d'une roue métallique pleine, dont la face inférieure porte une gorge sinueuse présentant treize parties convexes et treize parties concaves (fig. 899). Cette roue est cachée par un cadran fixe, portant les mêmes signes que celui du récepteur; elle est munie d'une manivelle, ayant un doigt qui peut s'engager dans des crans disposés en regard des chiffres sur le pourtour du cadran. Un levier ol, mobile autour du point o, se termine par un appendice muni d'un galet, qui s'engage dans la rainure sinueuse de la roue, de sorte que celle-ci, en tournant, communique au levier un mouvement de va-et-vient, pendant lequel l'extrémité l vient butter alternativement contre les vis p et p', suivant que le galet se trouve dans une partie concave ou dans une partie convexe. La vis p' est reliée par la borne C avec le pôle positif de la pile du poste, et le point o avec la ligne. On fait donc

passer le courant en plaçant la manivelle sur l'une des lettres A, C, E, etc., et on l'interrompt en la plaçant sur les lettres B, D, F, etc., ou sur la croix. Chaque passage ou interruption du courant fait avancer d'une lettre l'aiguille du récepteur. Il en résulte que, si les appareils sont bien en concordance, l'aiguille du récepteur suivra tous les mouvements de la manivelle du manipulateur.

En réalité, les manipulateurs employés le plus souvent sont, comme celui de la figure 899, à deux directions, et permettent de correspondre à volonté avec deux lignes différentes. Ces lignes communiquent respectivement avec les deux bornes LL', autour desquelles tournent deux interrupteurs à manette, et le point *o* est relié avec deux bornes EF. En mettant les manettes sur l'une ou l'autre de ces bornes, on correspond avec l'une ou l'autre ligne. Dans la position d'attente, on met les interrupteurs sur les bornes SS, reliées aux sonneries des deux lignes. Pour recevoir une dépêche, on met la manette correspondante sur l'une des bornes EF. Le courant de la ligne arrive au récepteur par L'E*olp*R ou par LF*olp*R, car la borne R met la vis *p* en relation avec le récepteur du poste. Enfin, on peut isoler le poste et relier directement ensemble les deux lignes, en plaçant les deux manettes sur la plaque de cuivre qui porte l'incription : *Communication directe*. On voit qu'un seul fil permet de communiquer entre deux stations, le retour se faisant par la terre.

Rappel à la croix. — Nous avons supposé le manipulateur et le récepteur en concordance parfaite, condition réalisée d'ordinaire, car, au repos, les deux appareils sont sur la croix et le récepteur reproduit tous les mouvements du manipulateur, pourvu qu'on tourne toujours la manivelle de celui-ci dans le même sens. Il peut arriver cependant que cette concordance soit détruite : il faut qu'on puisse alors ramener les deux appareils à la croix. Pour le manipulateur, il suffit de tourner la manivelle. Le récepteur porte une disposition spéciale. Le levier MN peut osciller autour de la vis M ; un ressort à boudin U maintient l'autre extrémité K appuyée contre la pointe de la pédale H, dont la tête fait saillie au-dessus de la boîte de l'appareil. Pour ramener l'aiguille à la croix, on appuie sur cette pédale. Le levier MN s'incline et met en liberté les roues à rochet, qui tournent jusqu'à ce qu'une goupille implantée dans la roue antérieure vienne rencontrer un crochet fixé au levier MN, L'aiguille est alors

sur la lettre Z. On abandon
ressort U ramène le levier M
rizontale. Pendant ce dépla
rochet avancent d'une den
tige saillante les arrête, l'ai
la croix.

Manipulation. — La mani
reil à cadran ne présente
il suffit de tourner la mani
de gauche à droite. Après la
de chaque mot, on achève le
l'on s'arrête sur la croix, p
paration. Le cadran porte
de signes, des lettres et des
ser des lettres aux chiffres,
entiers en s'arrêtant chaqu
Pour revenir aux lettres, on
Si plusieurs groupes de chiffres
cun d'eux doit être précédé
manivelle. A cause de sa
l'appareil à cadran est enc
fréquemment, surtout dans les
mins de fer.

Autres télégraphes à cadran
d'autres modèles de télégraphes
un certain nombre de ces mod
primé le ressort de rappel
cepteur, et l'on évite le régla
en changeant le sens du coura
tre. C'est ce qui a lieu notam
télégraphe de Digney. Le levier
nipulateur porte un bras supp
pendiculaire au premier, et q
contre-temps et en sens inv
de la pile. Grâce à cette disp
lettre impaire envoie un cour
que lettre paire un courant ne
besoin de réglage, si ce n'est
sensibilité de l'appareil; mais
un nombre double de courants.

Le télégraphe de Lippens,
chemins de fer belges, empl
versions de courant.

Dans d'autres appareils,
Froment, la roue interruptrice
tourne uniformément sous l'a
nisme d'horlogerie; l'aiguille du
ce mouvement, grâce aux in
ruptures alternatives du courant
mettre, on appuie sur les touches
qui portent les lettres de l'
touche commande un levier qu
tant la roue interruptrice sur la
pondante, au moyen d'une
l'arbre de cette roue. Des app

s en Amérique, mais la roue in-
›t mue à bras d'homme.

s à induction. — Il existe aussi des cadran qui utilisent les courants nachine magnéto-électrique. Dans de Wheatstone (1860), appliqué à r la télégraphie domestique, on oue qui actionne en même temps d'induction et un manipulateur ›lui de Bréguet. Chaque fois qu'on lettre à la suivante, on envoie un a ligne ; l'aiguille du récepteur suit ipulateur.

Le manipulateur Guillot (fig. 900) pré une disposition analogue. Sur le cadra porte les lettres tourne une manivelle M blable à celle des appareils ordinaires, dont l'axe commande l'appareil magnéto-trique par l'intermédiaire de la roue D, qui 130 dents, et d'un pignon de 20 dents.

Cet appareil se compose d'un fort aima fer à cheval dont les pôles portent quatre no disposés en carré et entourés de bobines La rotation du pignon entraîne une a ture AA, dont le mouvement produit dan bobines des courants alternatifs. Lorsqu

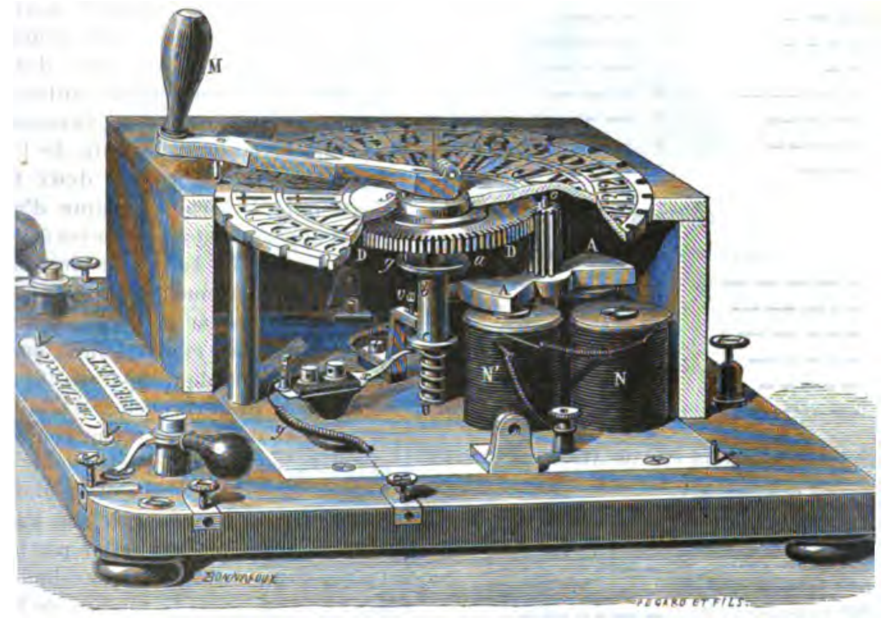


Fig. 900. — Manipulateur Guillot.

avance d'une lettre (1/26 de tour), fait 1/4 de tour. Chaque lettre donne mission.

la manivelle porte, en outre, une ›bine *abc*, mobile à frottement doux, ec la ligne.

la manivelle se soulève pour passer e à une autre, le ressort U pousse e, dont la rondelle inférieure vient vis *v*, reliée au fil des bobines : le t lancé dans la ligne. Lorsque la ma-'arrête sur une lettre, la goupille *gg* la rondelle supérieure de la bobine, cendre et met la rondelle inférieure nication par le ressort *x* avec le ré- poste et la terre. On peut donc re- toutes les lettres.

›teur est modifié pour fonctionner avec des courants alternatifs : une arma aimantée, en forme de fer à cheval, oscille tre deux électro-aimants à pôles opposé n'y a donc pas de ressort et par suite de glage.

Le télégraphe de Siemens, qui fait usage d petite machine du même inventeur, tran facilement à 500 kilomètres.

Télégraphes imprimant des signaux con tionnels.

Télégraphe Morse. — L'appareil Morse duit les lettres de l'alphabet, les chiffres e signes de ponctuation à l'aide de deux sig élémentaires, un ***point*** et un ***trait***. Le trait avoir trois fois la longueur du point. Le gnaux d'une même lettre, traits ou points, séparés par un intervalle égal à un point

lettres sont séparées par la longueur de trois points et les mots par un intervalle égal à cinq points.

ALPHABET

LETTRES	SIGNAUX	LETTRES	SIGNAUX
a	· —	*n*	— ·
ä	· — · —	*ñ*	— — · — —
b	— · · ·	*o*	— — —
c	— · — ·	*ö*	— — — ·
ch	— — — —	*p*	· — — ·
d	— · ·	*q*	— — · —
e	·	*r*	· — ·
é	· · — · ·	*s*	· · ·
f	· · — ·	*t*	—
g	— — ·	*u*	· · —
h	· · · ·	*ü*	· · — —
i	· ·	*v*	· · · —
j	· — — —	*w*	· — —
k	— · —	*x*	— · · —
l	· — · ·	*y*	— · — —
m	— —	*z*	— — · ·

CHIFFRES

CHIFFRES	SIGNAUX	CHIFFRES	SIGNAUX
1	· — — — —	*7*	— — · · ·
2	· · — — —	*8*	— — — · ·
3	· · · — —	*9*	— — — — ·
4	· · · · —	*0*	— — — — —
5	· · · · ·	*/*	— · · — ·
6	— · · · ·		

SIGNES DE PONCTUATION ET INDICATIONS DE SERVICE

PONCTUATION ET INDICATIONS		SIGNAUX
Point	(.)	· · · · · ·
Point et virgule	(;)	— · — · — ·
Virgule	(,)	· — · — · —
Guillemets avant et après le passage	(« »)	· — · · — ·
Deux points	(:)	— — — · · ·
Point d'interrogation ou demande de répétition d'une transmission non comprise	(?)	· · — — · ·
Point d'exclamation	(!)	— — · · — —
Apostrophe	(')	· — — — — ·
Alinéa		· — · — · ·
Trait d'union	(-)	— · · · · —
Parenthèse avant et après les mots	(...)	— · — — · —
Souligné avant et après les mots ou le membre de phrase		· · — — · —
Signal séparant le préambule des indications éventuelles, les indications éventuelles de l'adresse, l'adresse du texte, le texte de la signature		— · · · —
Appel préliminaire de toute transmission		— · — · —
Compris ou réception		· · · — ·
Erreur		· · · · · · · ·
Fin de la transmission		· — · — ·
Attente		· — · · ·
Invitation à transmettre		— · —
Réception terminée		· · · — · —

Aux personnes désireuses d'apprendre l'alphabet Morse, nous conseillerons de grouper les lettres méthodiquement, en étudiant d'abord celles composées uniquement de points, puis celles ne contenant que des traits; la lettre É est la seule formée de cinq caractères; quant aux autres, elles ont toutes un inverse, c'est-à-dire qu'en remplaçant dans une de ces lettres les traits par des points et réciproquement, on obtient une autre lettre; ainsi N est l'inverse de A, W est l'inverse de D, P est l'inverse de X et ainsi de suite.

Récepteur. — Le récepteur chargé d'enregistrer ces signaux se compose d'un électro-aimant vertical, qui attire une armature rectangulaire P, fixée à l'extrémité d'un levier AB (fig. 901). Cè levier, mobile autour de l'axe O, est maintenu par un ressort antagoniste R, dont on règle la tension à l'aide de l'écrou E. Sa course est limitée par les deux buttoirs VV'. L'extrémité A porte une lame d'acier recourbée C, appelée *couteau*, soumise à l'action d'une vis de réglage U. Au-dessus du couteau se déplace d'un mouvement uniforme une bande de papier entraînée par un mécanisme d'horlogerie. Cette bande est emmagasinée sur un rouet placé au-dessus de l'appareil (fig. 902); elle s'engage entre les branches d'une fourchette F et passe sous la gorge d'une poulie G à joues mobiles; ce sont les *guide-papier*. Elle passe ensuite entre le couteau et la molette M, enduite d'encre grasse, puis elle s'engage dans une sorte de laminoir formé par les deux *cylindres d'entraînement* NN'. Le cylindre N est mû par le mécanisme : la rotation de N' est due à sa pression contre N, pression qui est produite par le ressort S, sur lequel s'appuie la pointe de la vis H ; une manette permet de soulever le cylindre N' et de dégager la bande de papier, qui n'est plus entraînée. La molette M est mue, comme le cylindre N, par le mouvement d'horlogerie; au-dessus d'elle se trouve un tampon en drap T, imbibé d'encre oléique, que le frottement sur la molette fait tourner en sens inverse et qui maintient la circonférence de celle-ci constamment encrée. Le levier Z sert à arrêter le mécanisme. La bande se déroule d'environ 1,5 m. par minute. La fig. 902 montre l'ensemble du récepteur Morse.

L'électro-aimant est relié d'une part à la ligne, de l'autre à la terre. Lorsqu'il est traversé par un courant, il attire l'armature P; le levier AB s'incline et le couteau C appuie le papier contre la molette M, qui trace un trait continu tant que le courant passe. Quand le courant est

interrompu, le couteau s'abaisse, et le papier ne reçoit plus de tracé. Pour obtenir les signaux de l'alphabet Morse, il suffit donc de produire des passages et des interruptions de courant parfaitement réguliers.

Manipulateur. — Le manipulateur destiné à

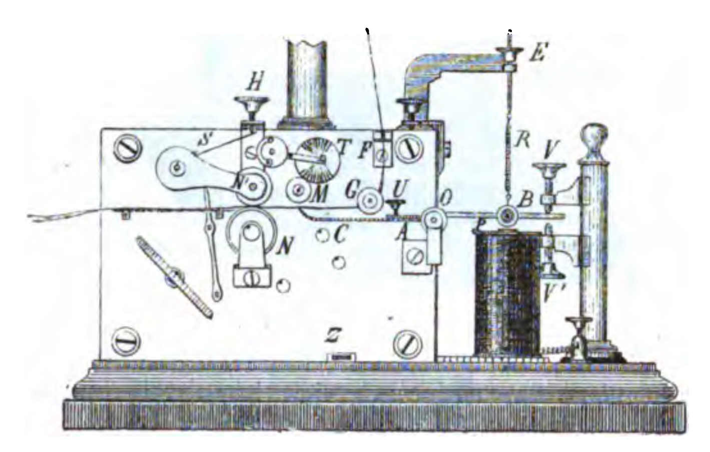


Fig. 901. — Récepteur Morse (détails du mécanisme).

cet usage est extrêmement simple. Il se compose d'un levier horizontal *ll'* tournant autour de son milieu (fig. 903); l'extrémité *l* porte une vis de réglage V, l'extrémité *l'* un bouton de bois ou de corne. Au repos, la pression du ressort R appuie la vis V sur la pièce *p*, qui

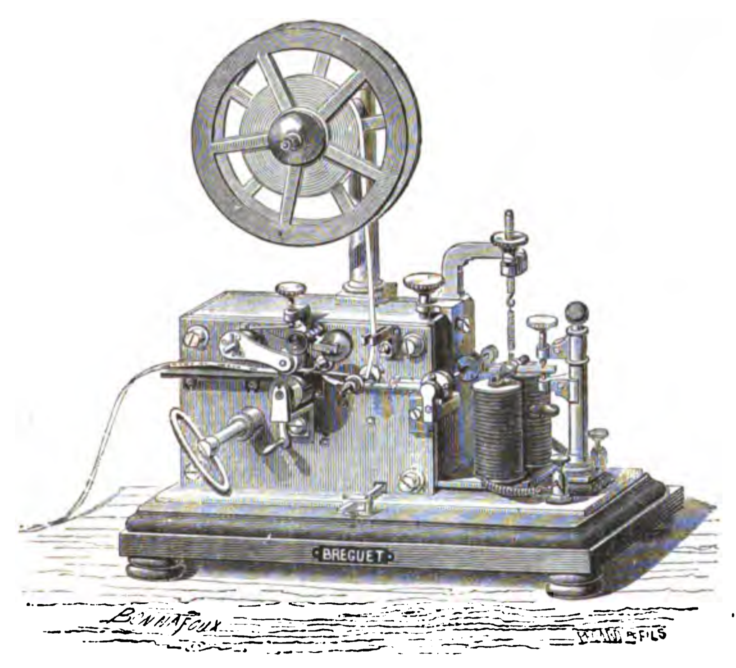


Fig. 902. — Vue d'ensemble du récepteur Morse.

st reliée au récepteur du poste. L'axe de rotaon étant en communication permanente avec ligne, l'appareil se trouve disposé pour la réeption. Lorsqu'on veut transmettre, on appuie le doigt sur le bouton de bois, de façon à faire communiquer l'extrémité *l'* avec la borne *p'*, qui est reliée au pôle positif d'une pile, unie à la terre par l'autre pôle. Le courant passe alors

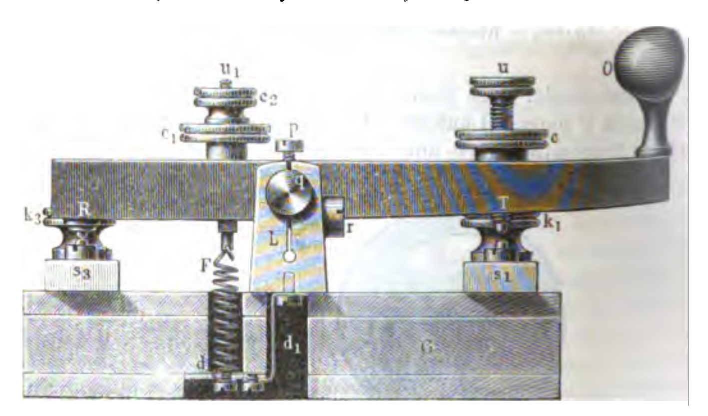
par *p' l'*, suit la ligne jusqu'à l'autre poste et passe par *pl* au récepteur. Dès qu'on cesse d'appuyer sur le bouton, le courant est interrompu et la molette du récep cer un trait.

Appareils allemands. — Le



Fig. 903. — Manipulateur Morse.

a reçu bien des modifications. On emploie encore quelquefois en Allemagne des récepteurs à pointe sèche. C'est la disposition ginée par Morse.



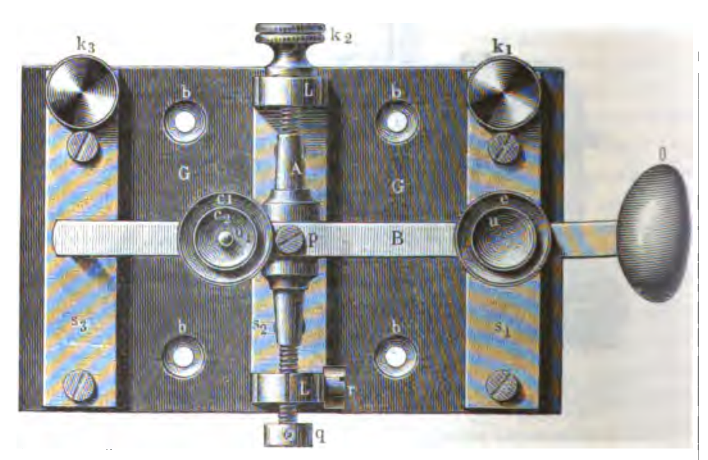


Fig. 904. — Manipulateur Morse (modèle allemand).

L'extrémité du couteau, appuyant fortement sur la bande de papier, produit un gaufrage, dont la lecture est souvent assez pénible, soit parce qu'il n'est pas très acces que la bande est mal éclairée.

Dans les manipulateurs allem

le réglage se fait par le contact T de l'enclume antérieure, qui termine une vis u munie d'un contre-écrou. Le contact de l'enclume postérieure R est fixe. Le ressort F, en forme de spirale, est placé en arrière du massif central et agit par traction ; on règle sa tension à l'aide de la vis u_1.

La maison Siemens et Halske construit des récepteurs à encre (fig. 905), dans lesquels le barillet T du mouvement d'horlogerie est placé sur la platine antérieure de l'instrument. Le levier de la palette est au contraire enfermé presque entièrement dans l'intérieur de la cage ; lorsque le courant passe, le levier soulève la molette, dont la partie inférieure plonge sans cesse dans un réservoir rempli d'encre oléique, et la presse contre le rouleau O_2, sur lequel passe la bande de papier. Le rouet est placé dans un tiroir disposé sous le socle de l'instrument.

Télégraphe Estienne. — Plusieurs inventeurs ont modifié le télégraphe Morse dans le but : 1° d'augmenter le rendement en produisant les traits par des émissions de courant aussi brèves que pour les points ; 2° de faciliter la lecture des signaux en les produisant transversalement à l'aide de deux styles différents, donnant des traits de longueur inégale, ce qui évite beau-

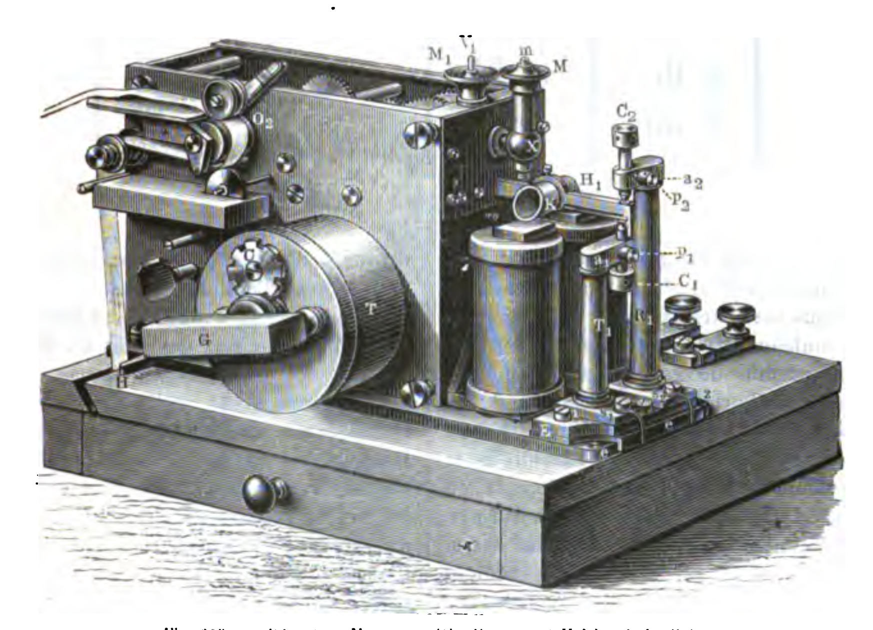


Fig. 905. — Récepteur Morse (modèle Siemens et Halske, de Berlin).

:oup d'erreurs ; 3° d'adapter l'appareil Morse aux lignes souterraines ou sous-marines à longue distance, les courants ayant tous une durée égale et très courte, ce qui permet de décharger la ligne plus facilement.

Dans l'appareil Estienne, les points et les raits de l'alphabet Morse sont remplacés par ieux traits d'inégale longueur, le premier étant noitié plus court que le second (Voy. page 766, g. 906). Ces deux espèces de signaux sont enregistrés perpendiculairement à la bande de apier. Les deux sortes de traits étant tracées ar deux styles différents, leur longueur est bsolument invariable. La cadence, si difficile obtenir dans la manipulation du télégraphe orse, n'a plus besoin d'être observée. Le renement est augmenté, la formation du trait n'exigeant pas plus de temps que celle du point. Enfin la lecture est rendue plus rapide par la concentration des signaux sur un plus petit espace.

M. Estienne a imaginé de plus une sorte de sténographie qu'il applique à des abréviations, et qui consiste à donner aux deux espèces de signaux une épaisseur double ou triple, en prolongeant plus ou moins longtemps le contact du manipulateur.

Récepteur. — Le récepteur Estienne comprend, comme le Morse, un mouvement d'horlogerie et un organe électrique. Le mouvement d'horlogerie, protégé par une cage métallique, entraîne la bande de papier, qui est enroulée sur un rouet, fixé lui-même sur la table de l'appareil. La bande de papier passe d'abord dans une chape, où elle est légèrement pressée par

Alphabet			Chiffres
a	i	s	1
b	j	t	2
c	k	u	3
ch	l	v	4
d	m	x	5
e	n	y	6
é	o	z	7
f	p		8
g	q		9
h	r		0

Fig. 906.

un petit ressort; elle est guidée ensuite par les rouleaux en laiton p^1 et p^2, puis par le rouleau d'acier v, fous sur leurs axes (fig. 907), et passe entre les rouleaux DD', qui produisent l'entraînement. Le premier de ces rouleaux est mû par le mécanisme d'horlogerie; le second est fou sur son axe d^2, qui est fixé à l'extrémité d'un levier E. Un ressort c^2, soumis à l'action de la vis de pression E^2, maintient le rouleau D' en contact avec D. Le papier passe ensuite sur une tablette d'ébonite P', fixée latéralement sur la platine de l'appareil. En abaissant la manette E', terminée par un excentrique e', qui agit sur la goupille e, implantée latéralement sur le levier E, on relève ce levier et le rouleau D', et l'on arrête la marche de la bande de papier.

Le mécanisme est mis en marche ou arrêté par un levier placé sur la table de l'appareil, comme dans le Morse.

Les signaux sont enregistrés par deux plumes donnant l'une le trait, l'autre le demi-trait, et qui ne diffèrent que par la longueur des becs. Ces plumes JJ' sont formées chacune d'une sorte de petite palette se prolongeant par une queue, et portant vers le bas, à chaque extrémité, une charnière dans laquelle passe un petit axe rivé aux deux bouts sur une autre palette ou couvercle, qui est évidé vers le bas et porte une sorte de fenêtre laissant passer une lame de cuir placée entre les deux palettes. L'encre s'élève ainsi par capillarité jusqu'au bec de la plume, à partir du réservoir demi-cylindrique M, dans lequel plonge la partie inférieure des plumes à l'état de repos.

Les plumes sont montées au bout des leviers K, tournant autour des axes k^2. Deux tiges k' portent des goupilles k^2, qui empêchent les porte-plume K de sortir de leurs axes. Ces porte-plume sont munis de goujons k^3, contre lesquels peuvent butter les branches de la fourchette N, dont la course est limitée par les vis de réglage n^2. Cette fourchette tourne autour de l'axe n, qui traverse complètement l'appareil et porte, du côté de la platine postérieure, une longue palette en fer doux qui sert d'armature à l'électro-aimant et s'incline d'un côté ou de l'autre, suivant que l'électro reçoit un courant positif ou négatif. La fourchette tourne alors et vient butter contre l'un des goujons k^3; la plume correspondante se soulève et presse le papier contre le rouleau v; un trait ou un demi-trait se trouve marqué, suivant le sens du courant.

L'électro-aimant, fixé sur la platine postérieure, est formé de deux bobines verticales, réunies en haut par une culasse. Les noyaux se prolongent vers le bas et portent des plaques polaires, qu'on peut, à l'aide de vis, éloigner plus ou moins de la palette oscillante. Les fils des bobines sont enroulés de telle sorte que la palette est attirée par la plaque de gauche et repoussée par celle de droite lorsqu'on lance un courant positif; elle est déviée en sens contraire par un courant négatif.

La palette est toujours ramenée dans sa position médiane par l'attraction d'un aimant en fer à cheval placé au-dessous du socle. L'un des pôles de cet aimant porte un curseur en fer terminé par un biseau; on fait glisser cette pièce jusqu'à ce que ce biseau se trouve exactement en regard de la partie inférieure de la palette, qui se termine elle-même en biseau.

Lorsqu'on ne se sert plus de l'instrument, une armature de fer doux, commandée par le levier d'arrêt du mécanisme, réunit les deux pôles de l'aimant et supprime son action.

Le levier d'arrêt sert encore à réunir la ligne soit avec la sonnerie, soit avec le récepteur. Au repos, l'appareil est sur sonnerie; en déclenchant le mécanisme, on le met sur récepteur.

Réglage. — Le réglage du récepteur com-

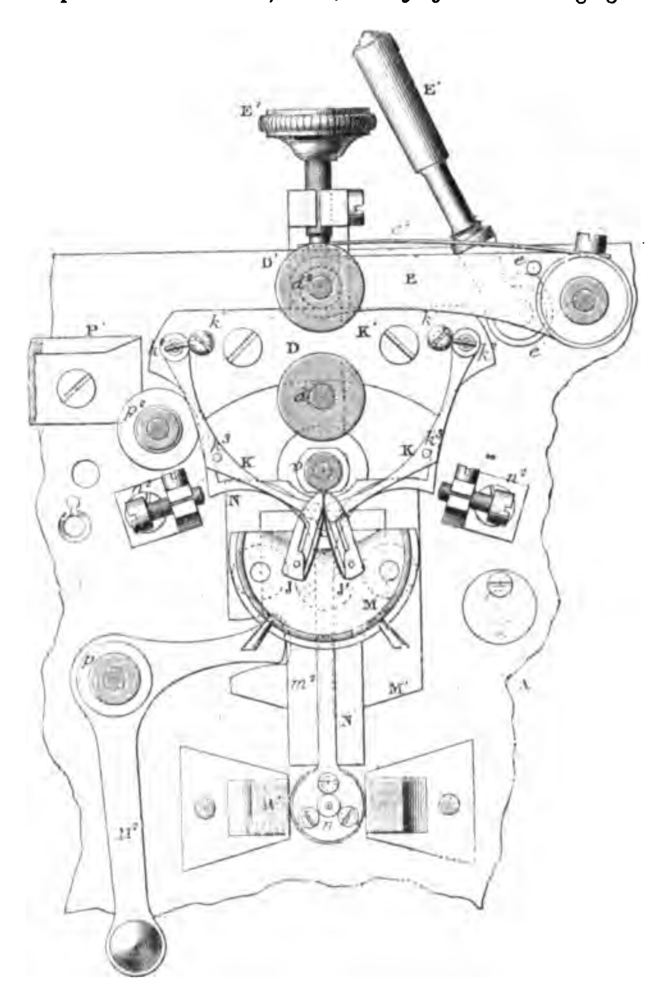
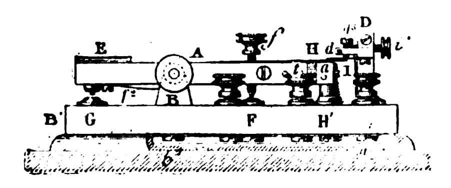


Fig. 907. — **Mécanisme du récepteur Estienne.** (Figure empruntée à la *Publication industrielle des machines, outils et appareils* de M. Armengaud aîné.)

rend trois opérations : 1° obtenir la ligne de ıncidence, c'est-à-dire déplacer le rouleau *v* ısqu'à ce que, le papier étant immobile, un ait et un demi-trait, tracés par les deux plu- es, se superposent exactement; 2° amener la ılette dans une position bien verticale en dépla- nt le curseur de l'aimant de réglage; 3° régler position des vis de buttée n^2, pour empêcher plumes d'arrêter le papier, dans le cas d'un courant trop fort, et limiter le jeu de la fourchette N.

Manipulateur. — Le manipulateur Estienne est un inverseur à deux leviers, qui permet d'envoyer sur la ligne des courants positifs ou négatifs, suivant qu'on abaisse l'un ou l'autre levier. Les deux leviers en laiton AA' (fig. 908) peuvent tourner autour d'axes en acier, fixés sur le support B. Chaque levier est divisé en deux par-

ties par une pièce isolante *t*. Au-dessus des extrémités isolées *aa'* se trouvent des lames d'acier très flexibles *dd'*, fixées au support D, et qu'on peut abaisser plus ou moins à l'aide des vis de réglage d^3. A l'autre extrémité, les leviers AA' portent des touches en ébonite EE', séparées par un intervalle de 1 millimètre. Au repos, les leviers, sous l'action de leur poids et des ressorts f^2, s'appuient sur les enclumes FF' par la pointe des vis de réglage *ff'*.



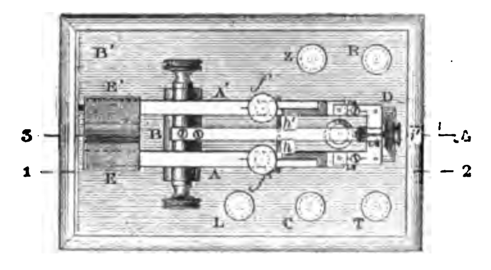


Fig. 908. — Manipulateur Estienne. (Figure empruntée à M. Armengaud aîné.)

Entre les deux leviers se trouve une lame H tournant également autour du support, et reposant par l'autre extrémité sur un plot H'. Quand on appuie sur l'une des touches EE', la lame H se trouve soulevée par un des goujons *hh'*, et vient butter contre un bourrelet platiné appartenant à une lame I, fixée également sur le support D et dont on règle la position par la vis *i'*.

La tablette B' porte encore cinq bornes L, C, Z, T, R, reliées respectivement avec la ligne, les deux pôles de la pile, la terre et le récepteur. La borne L communique en outre avec le pont B, les bornes C et Z avec les enclumes G et G', la borne T avec le support D et la borne R avec le plot H'. Enfin les parties isolées *aa'* des leviers portent des fils enroulés en spirale et aboutissant aux deux bornes C et Z.

Si l'on presse la touche E, la lame H est soulevée par le goujon *h*, et la ligne se décharge à la terre par LBAHIDT. Cette lame dépasse ensuite le bourrelet du ressort I et interrompt le circuit précédent. Le levier A butte ensuite contre l'enclume G, la partie isolée *a* vient toucher la lame *d*, et un courant négatif passe par ZGABL et la ligne au récepteur de l'autre poste, puis revient par la terre en TD*da*C au pôle positif. Si l'on abandonne ensuite la touche E, la lame H, retombant avec le levier A, rencontre encore le bourrelet I, et la ligne se décharge de nouveau.

Lorsqu'on agit sur la touche E', on lance de même un courant positif.

La décharge à la terre n'est utile que pour les lignes souterraines ou sous-marines : pour les lignes aériennes, on peut supprimer la lame I.

Rendement et avantages de ce système. — L'appareil Estienne supprime les erreurs de lecture, les fausses interprétations de signaux dues à une manipulation défectueuse ou à un mauvais réglage du récepteur, erreurs qui, lorsqu'elles ne causent pas de graves préjudices, peuvent au moins retarder la remise à domicile des télégrammes. Avec le manipulateur Morse, on peut, si les points et les traits ne sont pas parfaitement réguliers, confondre les uns avec les autres; tout le monde connaît l'exemple cité par nombre d'auteurs du mot *décédé* substitué au mot *décoré*, erreur assez fréquente pour avoir motivé, il y a quelques années, une circulaire administrative.

D'après l'auteur, tout télégraphiste connaissant l'appareil Morse peut, en quelques heures, apprendre à manipuler cet appareil. La production du travail étant plus grande et donnant lieu à moins de fatigue et à moins d'erreurs, le télégraphe Estienne convient parfaitement aux bureaux secondaires. La portée télégraphique, c'est-à-dire la marche en ligne sans relais intermédiaires, dépasserait de plus de moitié celle des autres systèmes.

Enfin la manipulation ordinaire pourrait être supprimée par l'application de la transmission automatique. Dans le système Wheatstone, le point s'obtient avec deux courants alternés et le trait avec quatre courants, dont deux de compensation. Un seul courant bref étant nécessaire pour reproduire l'un ou l'autre signal de la nouvelle écriture, le nombre des émissions de courants serait, avec le nouveau système, réduit de près des deux tiers dans la transmission automatique. Le rendement serait donc augmenté. En outre, le collage des bandes sur les copies rendrait le système beaucoup plus pratique, d'abord par la suppression de la traduction des télégrammes de transit, ensuite par la facilité donnée à la traduction des autres. (MONTILLOT, *la Télégraphie actuelle*.)

Télégraphe Morse à deux styles, système Hérodote. — Le système exposé par M. Héro-

dote en 1889 diffère du précédent et des modèles analogues en ce qu'il utilise les récepteurs Morse déjà existants. La dépense d'installation se trouve ainsi diminuée et l'appareil peut transmettre à volonté soit des signaux Morse ordinaires, soit des caractères transversaux.

Récepteur. — Pour transformer un récepteur Morse en un appareil à deux styles, il faut ajouter aux organes ordinaires un aimant A, un électro-aimant E¹, une armature polarisée a^1 mobile autour d'un axe d^1, et un couteau supplémentaire l^1 fixé au même axe (fig. 909). La partie antérieure de l'axe d^1 est en laiton; la partie postérieure est en fer doux, comme l'armature a_1 ; ces deux pièces reçoivent une aimantation permanente par la vis V¹ et l'aimant A. Le couteau l et l'armature a ordinaires tournent autour de l'axe d. L'oscillation des leviers est limitée par les vis vv, v^1 v^1, qui se règlent au moyen des ressorts r et r^1.

L'impression est produite par cinq molettes m semblables à la molette ordinaire. L'électro-aimant supplémentaire E¹ est enroulé de manière à n'attirer l'armature polarisée que lorsqu'il est parcouru par un courant négatif. Si donc on lance des courants toujours positifs, l'armature a est seule attirée, et l'on imprime des caractères ordinaires. Il faut alors produire des émissions d'inégale longueur pour les points et les traits. Si l'on envoie, au contraire, des courants tous de même durée, mais

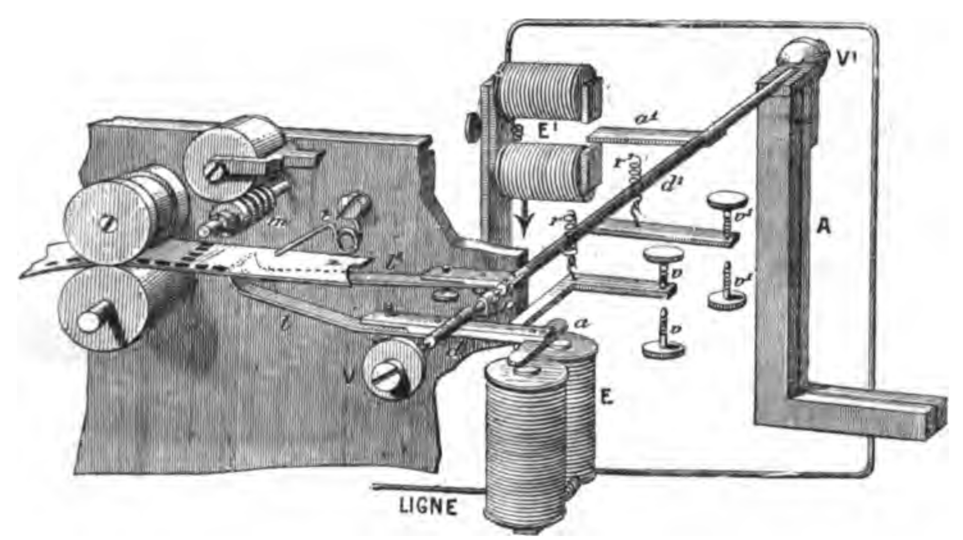


Fig. 909. — Récepteur Morse-Hérodote.

de signe variable, les courants positifs agissent seulement sur l'armature a; les courants négatifs soulèvent les deux couteaux ll^1 et produisent cinq petits signaux parallèles qui représentent un trait transversal.

Manipulateur. — Le manipulateur doit être disposé pour donner à volonté des courants positifs ou négatifs. Il est formé de deux lames flexibles L¹ L² (fig. 910), communiquant avec la ligne et la terre, et d'une troisième lame R communiquant avec L¹ par la pièce métallique m. Les lames L¹L² portent deux doigts DD¹, le premier en métal, le second isolant, qui s'avancent au-dessus du ressort R, sans le toucher dans la position de repos. Trois ponts, terminés par des vis B¹, B², B³, seules figurées, limitent la course des trois lames, au-dessous desquelles se trouvent trois plots C¹, C², C³. Le pôle positif de la pile est relié aux bornes C¹ C³, le pôle négatif à la borne C² et à la vis B³. La vis B² est en communication avec le récepteur du poste. Quand on appuie sur la lame L¹, on lance dans la ligne un courant positif; le doigt D abaisse le ressort R, sans lui faire toucher C² : le récepteur est donc isolé; enfin le pôle négatif reste en communication avec la terre par B³L². Si l'on appuie sur le ressort L², on envoie à la terre le courant positif, tandis que la ligne est reliée au pôle négatif par C² et par le ressort R, qu'abaisse la tige D¹.

Manipulation et avantages. — Pour transmettre des signaux Morse ordinaires, on se sert seulement de la lame L¹. Avec les traits transversaux, le rendement dépasse de huit ou dix

télégrammes à l'heure celui des appareils ordinaires. Avec une installation en duplex, le bénéfice serait double.

De plus, on sait qu'en France les bureaux municipaux sont associés deux à deux et reliés par un même fil au bureau principal. Pour appeler l'un ou l'autre à volonté, on fait usage d'un *rappel* (Voy. ce mot). L'appareil Hérodote permettrait de supprimer ces instruments, qui sont toujours fort délicats.

Enfin ce télégraphe est tellement simple que tous les opérateurs *morsistes* peuvent le régler et le lire sans aucune étude préalable, et qu'il leur suffit de quelques jours d'exercice pour acquérir une bonne manipulation.

Télégraphes électro-chimiques.

Certains modèles de télégraphes utilisent les décompositions électrolytiques pour tracer les signaux Morse sur la bande de papier. On rend le papier conducteur en le trempant dans une solution concentrée de nitrate d'ammoniaque. La substance électrolysée est généralement le cyanure de potassium, qui, sous l'influence du courant, donne du bleu de Prusse en présence d'une pointe de fer, et du cyanure rouge de potassium et de cuivre avec une pointe de cuivre.

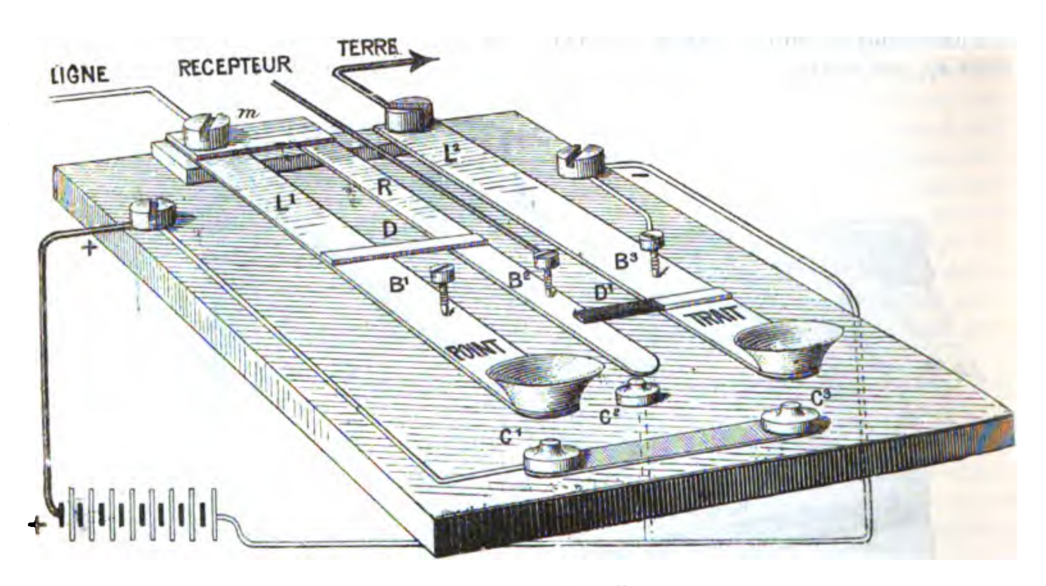


Fig. 910. — Manipulateur Morse-Hérodote.

L'appareil de M. Bain diffère peu d'un Morse ordinaire. Il faut environ quinze éléments Daniell pour la décomposition.

Les télégraphes de M. Goodspeed et de MM. Chauvassaigne et Lambrigot, décrits au paragraphe suivant, sont aussi des appareils électro-chimiques.

Télégraphes automatiques.

Appareil rapide. — On a essayé d'augmenter le rendement du Morse en confiant la transmission des dépêches, préalablement imprimées en local avec des signaux ordinaires, à un appareil automatique fonctionnant avec une grande rapidité. Tel est le principe de l'*appareil rapide*, imaginé par MM. Chauvassaigne et Lambrigot et essayé au bureau central de Paris vers 1867.

La dépêche est d'abord composée en local sur une bande de papier métallique, à l'aide d'un vernis isolant. On emploie pour cela un appareil Morse dont la molette est remplacée par un réservoir rempli de résine maintenue à une température convenable.

La bande ainsi préparée est placée sous un mécanisme à déroulement, réglé à la vitesse convenable. Un stylet qui appuie sur le papier envoie le courant à la terre, quand il touche la partie conductrice, et sur la ligne, quand il est en contact avec les signaux isolants.

A l'arrivée, la dépêche est tracée chimiquement.

Télégraphe Goodspeed. — Dans l'appareil de M. Goodspeed, un perforateur perce la bande de papier de manière à produire les signaux Morse ordinaires, mais les points et les traits, produits par deux poinçons différents, sont pla-

cés sur deux lignes parallèles. Cette bande est mise dans un transmetteur, où elle passe entre un cylindre relié au sol et deux ressorts communiquant l'un avec le pôle positif d'une pile, l'autre avec le pôle négatif d'une autre pile, les autres pôles de ces piles étant reliés à la terre. Les points envoient donc des courants d'un certain sens, les traits des courants de sens contraire. Le récepteur porte une bande de papier électro-chimique passant sous deux pointes de fer très voisines, dont l'une ou l'autre produit un tracé, suivant le sens du courant. Les points et les traits sont donc imprimés, non en ligne droite, mais sur deux lignes parallèles.

Télégraphe Wheatstone. — La dépêche est d'abord composée à l'aide de trous pratiqués dans une bande de papier par le *perforateur*. Cette bande est ensuite placée dans le *transmetteur* ; les trous sont traversés, suivant l'ordre dans lequel ils se présentent, par des aiguilles qui envoient sur la ligne les courants nécessaires à la reproduction des signes dans

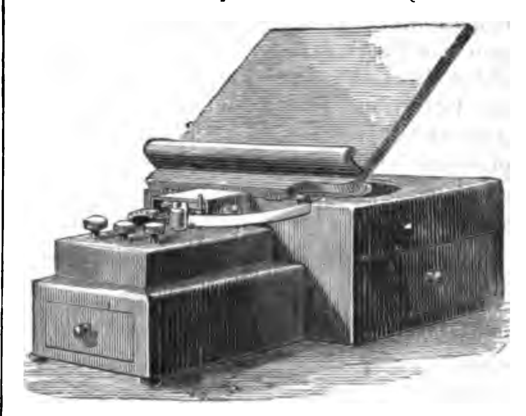


Fig. 911. — Perforateur du télégraphe Wheatstone.

le *récepteur*, qui est approprié à ce genre de transmission.

| Emission négative directe
+ Emission positive de compensation
+ Emission positive de compensation
+ Emission positive directe
| Emission négative de compensation
| Emission négative de compensation
| Emission négative directe
+ Emission positive directe
| Emission négative directe
+ Emission positive de compensation
+ Emission positive de compensation
+ Emission positive directe
| Emission négative directe
+ Emission positive directe
| Emission négative de compensation
| Emission négative de compensation
| Emission négative directe
+ Emission positive de compensation
+ Emission positive de compensation
+ Emission positive directe
| Emission négative directe
+ Emission positive directe
| Emission négative directe

Fig. 912. — Vue d'une bande perforée et des signaux Morse correspondants.

Perforateur. — La dépêche à composer est placée sur un pupitre, devant lequel se trouve le perforateur (fig. 911) formé d'une boîte en cuivre dans laquelle se meuvent trois pistons

agissant sur autant de leviers disposés en face d'emporte-pièce, qui donnent des trous de deux dimensions. Ces poinçons percent la bande suivant trois lignes parallèles à sa longueur. Le piston de gauche donne les points, représentés par trois trous placés sur une même ligne transversale, celui du milieu étant plus petit que les deux extrêmes. Le piston de droite traduit les traits à l'aide de quatre trous, deux petits sur la ligne médiane et deux plus grands en diagonale. Enfin le piston central donne un petit trou sur la ligne médiane, ce qui représente un blanc.

Quelles que soient les combinaisons de signaux transmises, on voit que la ligne médiane présente une série continue de petits trous équidistants, les plus grands trous étant disposés irrégulièrement de part et d'autre. La figure 912 montre l'aspect d'une bande perforée portant le mot *art*, ce mot commençant à la partie inférieure. Les trous de faible diamètre situés sur la ligne centrale servent seulement, dans le perforateur et dans le transmetteur, à faire avancer la bande de papier. A cet effet, une petite roue dentée, commandée par un cliquet soumis à l'action des pistons par l'intermédiaire d'un système de leviers coudés, s'engage dans ces trous et fait avancer la bande. Des guides la dirigent.

Pour composer les dépêches, le télégraphiste tient dans chaque main un petit maillet et frappe sur les pistons. Dans les bureaux possédant des tubes pneumatiques, on a supprimé cette manœuvre, qui est très pénible, en utilisant les réservoirs d'air comprimé. On adapte alors aux perforateurs des claviers à trois touches. Quand on abaisse une des touches, l'air comprimé agit sur le piston correspondant.

Transmetteur. — Les bandes perforées sont ensuite placées sur le transmetteur, qui est mû par un mouvement d'horlogerie à poids. Une roue dentée, commandée par ce mécanisme, pénètre dans les perforations médianes de la bande et la fait avancer.

Le même mécanisme communique, par l'intermédiaire d'un excentrique et d'une bielle, un mouvement continu de va-et-vient à un balancier d'ébonite EE (fig. 913), muni de deux goupilles métalliques *ff'*, qui font saillie en avant de la platine antérieure par des ouvertures disposées à cet effet. Ces deux goupilles communiquent toutes deux avec la ligne, la

première directement, la sec… résistance considérable. Deux… AB, CD, mobiles autour d… maintenus appuyés contre ce… ressorts RR', et portent deux… vont en s'écartant et ont leur…

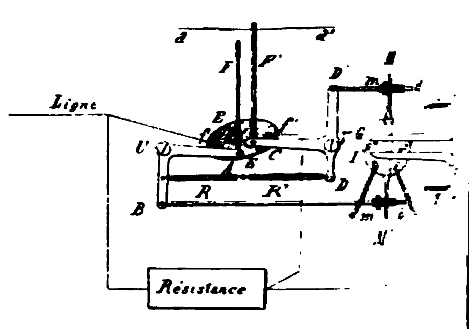


Fig. 913. — Mécanisme du transmetteur.

sous des deux lignes de gros t… perforée qui passe en *aa'*. Les d… dés portent en outre en B et D'… nies de manchons *mm'*, qui p… ouvertures d'une pièce MM', fix… partagé en deux parties égale… isolante.

Le disque G, qui sert d'inv… au mouvement d'oscillation du… effet, si le balancier s'abaisse… comme le montre la figure, la… sur la branche AU du levier… le manchon *m'* est attiré ve… même temps, les ressorts RR'… la branche VD vers la gauche… s'incline vers la droite, et le m… du même côté la pièce M et par… G. Lorsque le balancier s'inclin… l'effet inverse se produit : le m… tiré vers la gauche, et le manch… pièce M' vers la droite. Le disq… un mouvement d'oscillation.

Les deux segments isolés du… des goupilles *gg'*, sur lesquelles… viers coudés GH, IJ, mobiles… et P, et maintenus en contact par… ST. Les deux axes O et P comm… les deux pôles d'une pile, et les… du cercle G, l'un avec la terre… ligne. Les oscillations du disq… goupilles *gg'* en contact altern… chacun des leviers GH, IJ, et… chacun des pôles, ce qui produit… Sur la figure, le pôle négatif est… le pôle positif à la ligne, d'une p…

résistance, de l'autre par f', CD, R'R, BA et f. Si le disque bascule, c'est le contraire qui a lieu.

D'un autre côté, le mouvement oscillatoire du balancier est transmis aux aiguilles FF', placées au-dessous de la bande de papier. Si l'une d'elles, F' par exemple, rencontre une perforation, elle la traverse, et le levier CD ne cesse pas d'appuyer sur la goupille f'. Si, au contraire, l'aiguille F' se trouve en regard d'une partie non perforée, elle est arrêtée dans son mouvement d'ascension, et, le balancier continuant à osciller, le levier CD ne touche plus la goupille f; le contact est rompu en ce point.

On voit que six cas peuvent se présenter. Si les goupilles f et f' touchent les leviers AB et CD, le courant va à la ligne en même temps par la résistance et par les leviers AB et CD. C'est une émission directe. Elle est positive ou négative, suivant la position du disque commutateur. L'émission positive directe commence tous les signaux.

Si l'une des goupilles ff' ne touche pas le levier correspondant, le courant ne se rend à la ligne qu'à travers la résistance : on obtient un courant dit *de compensation*, destiné à prolonger l'action d'un courant précédemment émis ; il est positif ou négatif suivant la position du commutateur. Les courants de compensation ne produisent aucun effet sur le récepteur, car ils sont trop faibles pour déplacer la molette. Les émissions directes ont lieu quand les aiguilles traversent les perforations; lorsqu'au contraire elles rencontrent la bande de papier, on obtient des courants de compensation.

Récepteur. — Le récepteur est un Morse modifié, dont l'organe électromagnétique est un double électro-aimant à armature polarisée, fonctionnant à peu près comme les rappels avec aimant. Cet organe est formé de deux bobines verticales AB dont les noyaux portent aux deux extrémités des pièces polaires P_1, P_2, P_3, P_4 très rapprochées (fig. 913). L'enroulement est tel que les pôles voisins P_1 et P_2, P_3 et P_4 soient de signe contraire. En regard de cet électro-aimant est placé un aimant E en forme d'U, dont les pôles sont traversés par un axe H qui porte deux palettes de fer doux FG, aimantées par influence. Lorsque le récepteur ne reçoit aucun courant, ces palettes restent également éloignées des deux pôles. Lorsqu'un courant traverse l'appareil, les palettes s'inclinent à droite ou à gauche, suivant que ce courant est positif ou négatif.

Ces oscillations des palettes produisent l'impression. Pour cela, un mécanisme d'horlogerie fait tourner une molette et un disque encreur qui trempe constamment dans un godet rempli d'encre oléique ; ces deux pièces roulent l'une sur l'autre, de sorte que la molette soit

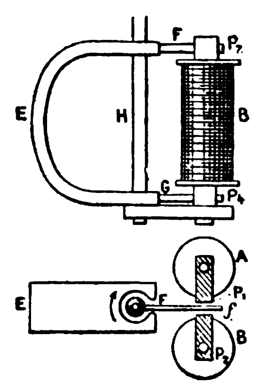


Fig. 914. — Organe électro-magnétique du récepteur.

toujours imbibée d'encre. L'axe de cette dernière est d'ailleurs pincé par un levier qui dépend de l'axe H des palettes, de sorte que les oscillations de celles-ci sont transmises à la molette sans qu'elle cesse de tourner. Le mouvement des palettes provoqué par un courant positif appuie la molette sur une bande de papier, qui se déroule comme dans les récepteurs Morse ordinaires, et fait imprimer un signal; le mouvement dû à un courant négatif éloigne la molette de la bande et produit un blanc.

L'appareil est réglé de sorte qu'une émission positive directe commence tous les signaux. Une perforation transversale, figurant un point, laisse passer un courant positif, puis un négatif, tous deux directs; la molette s'approche un instant du papier et trace un point. Une perforation en diagonale correspond à trois inversions complètes. La première émission, qui est directe, commence le tracé; les autres ne donnent que des courants de compensation, qui n'agissent pas sur la molette; enfin la troisième émission négative, correspondant à un trou, éloigne la molette et termine le trait. Les blancs correspondent également à trois inversions complètes, mais comme les aiguilles rencontrent constamment le papier, la molette reste éloignée et ne trace rien. On peut suivre les détails de l'opération sur la figure 912.

Manipulateur. — L'appareil Wheatstone peut servir aussi à transmettre directement, sans faire usage du perforateur. On met alors le transmetteur hors circuit, et on le remplace par un manipulateur inverseur, permettant

d'envoyer sur la ligne des courants positifs ou négatifs. Une manette permet de mettre l'appareil sur transmission, sur réception ou à la terre, pour décharger la ligne quand on passe de la transmission à la réception.

Télégraphes imprimeurs.

On a cherché depuis longtemps à imprimer sur la bande de papier du récepteur, au lieu des signaux conventionnels de Morse, les lettres mêmes de l'alphabet. Dans les télégraphes à échappement, la *roue des types*, qui porte sur sa
circonférence les caractères
mise en mouvement par des
rant successives, comme dans
cadran de Bréguet. Les appa
synchrones ont, au manipula
teur, deux roues qui tourn
vitesse, de sorte que les carac
tamment disposés d'une man
courant appuie le papier sur l
au moment précis où passe la l
imprimer.

Télégraphes à échappement.
cherché à modifier les appar

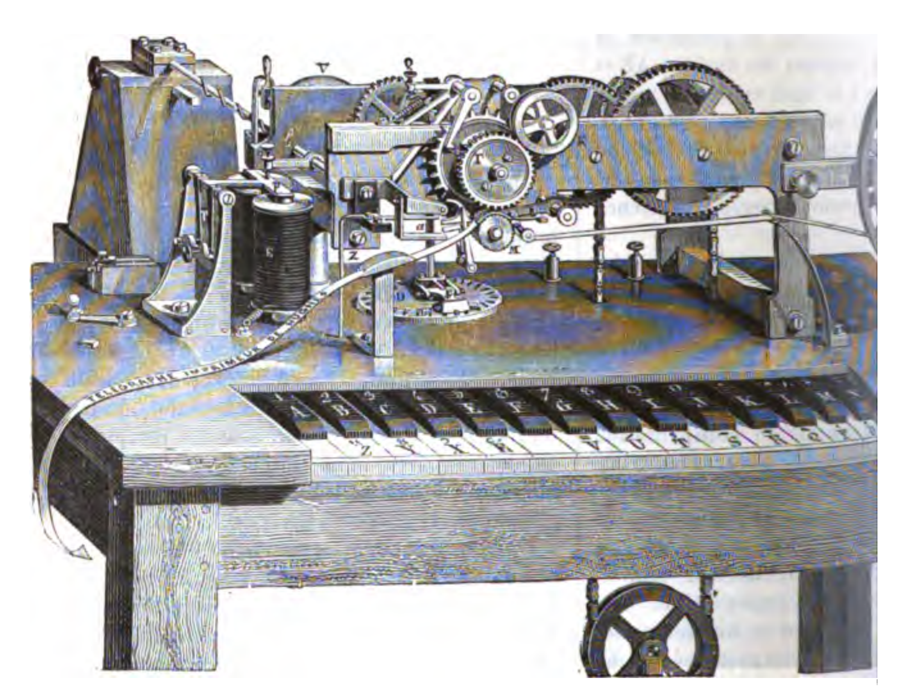


Fig. 915. — Vue d'ensemble du télégraphe Hughes.

naires. M. Wheatstone (1840) employait un manipulateur à cadran. Les émissions successives faisaient mouvoir la roue des types. Lorsqu'on s'arrêtait sur une lettre, le courant, lancé dans un second fil, appuyait le papier sur cette roue. L'appareil a été ensuite modifié pour éviter l'emploi des deux fils.

Les appareils de du Moncel et de Digney sont fondés sur un principe analogue. D'autres reposent sur l'accroissement de l'aimantation avec le temps. Dans l'appareil Siemens, les courants très rapides émis par le manipulateur suffisent pour actionner un petit électro-aimant qui fait tourner la roue des types, mais le gros électro qui appuie le papier ne s'aimante que
si l'on s'arrête un instant sur
pareil Bréguet comporte un seul
qui se déplace d'une petite qu
tourner la roue des types, et
plus grande pour produire la
papier.

Dans l'appareil de M. de Bail
nipulateur est analogue à celui
à cadran. En tournant la man
sur la ligne des courants altern
cèdent sans interruption sensi
passent dans un électro-aimant
polarisée oscille et fait avan
types. Une autre armature, non
adhérente à l'électro pendant

manipulateur, mais elle s'en détache dès que l'on rompt le circuit en s'arrêtant sur une lettre. Ce mouvement déclenche le mécanisme imprimeur.

L'appareil Hayet est analogue, mais un second fil enroulé sur l'électro et formant un circuit fermé est parcouru par des courants induits, qui empêchent la seconde armature de se détacher intempestivement entre deux courants consécutifs et d'imprimer des lettres inutiles.

Les appareils à échappement ne peuvent donner qu'un faible rendement, à cause du grand nombre de courants qu'il faut employer pour chaque signal et de la masse de la roue des types. MM. Gaussain et Mouilleron ont tenté d'augmenter la vitesse en répartissant les caractères sur cinq roues moins massives; mais l'appareil devient extrêmement compliqué.

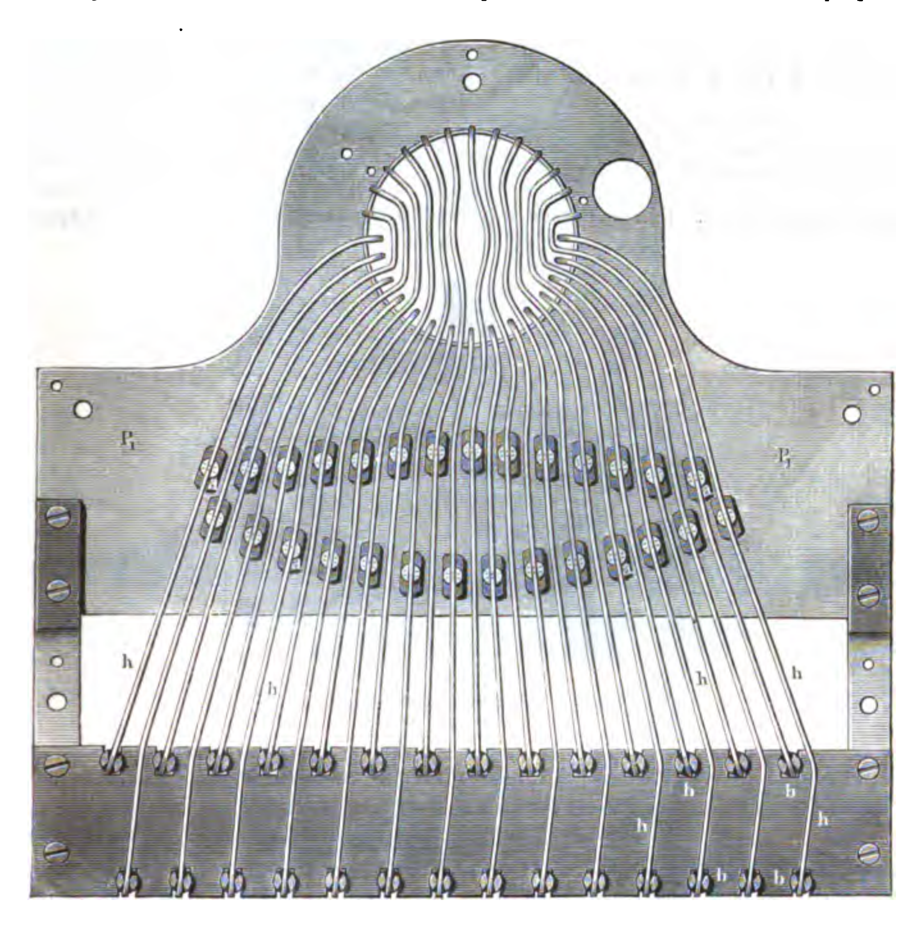


Fig. 916. — Disposition des leviers du manipulateur.

Les appareils de Siemens, de d'Arlincourt emploient des récepteurs à trembleur. Dans ce dernier, il y a deux mouvements d'horlogerie : l'un commande l'impression, l'autre mène une roue interruptrice, la roue des types et une aiguille indicatrice.

Télégraphe imprimeur de Hughes. — Tous les appareils qui précèdent arrêtent la roue des types à chaque transmission, ce qui ralentit la vitesse des communications. M. Hughes a imaginé en 1855 le premier télégraphe à transmission continue, dans lequel les lettres s'impriment instantanément, sans aucun arrêt.

Principe. — Le récepteur et le manipulateur, réunis sur une même table, sont commandés par un même mouvement d'horlogerie. Une bande de papier se déroule d'un mouvement uniforme et passe sur la roue des types T, dont la circonférence porte les caractères enduits d'encre grasse. Sous l'action du courant, le papier est pressé contre la roue, qui imprime la lettre placée à ce moment au point le plus bas.

Le manipulateur a la forme d'un clavier, qu'on voit en avant de l'appareil.

Manipulateur. — Ce manipulateur se compose de vingt-huit touches, alternativement blanches et noires. Toutes les touches noires et douze des touches blanches portent chacune deux signes, soit une lettre et un chiffre, soit une lettre et un signe de ponctuation. Ces signes sont disposés de la manière suivante :

Touches blanches.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	.	,	;	:
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N

Touches noires.

Blanc des lettres.	,	&		(	Blanc des chiffres.	=	/	§	—	+	'	!	?
	Z	Y	X	É		V	U	T	S	R	Q	P	O

Les deux blancs servent l'un à passer des lettres aux chiffres et à séparer les groupes de chiffres, l'autre à passer des chiffres aux lettres et à séparer les mots.

Chaque touche est surmontée d'un levier qui bascule autour de son axe lorsqu'on appuie sur elle. Les vingt-huit leviers se recourbent et viennent aboutir à une boîte cylindrique, appelée *boîte à goujons*, autour de laquelle leurs extrémités se rangent régulièrement (fig. 916). Chacun de ces leviers T est surmonté d'un petit goujon d'acier S, qu'un ressort *f* maintient au contact (fig. 917). Lorsqu'on appuie sur une des touches, le goujon correspondant est soulevé par l'une des tiges T et fait saillie au-dessus d'une des ouvertures *c*, pratiquées, au nombre de vingt-huit, dans la paroi supérieure de la boîte (fig. 918). Dès qu'on cesse d'appuyer sur

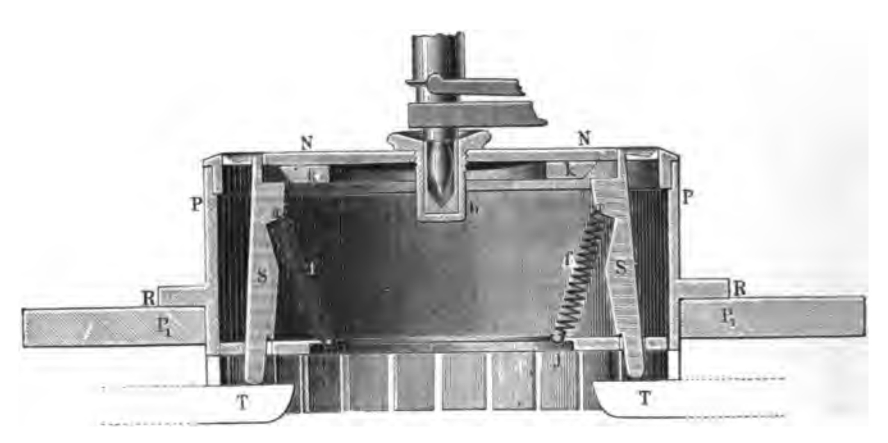


Fig. 917. — Coupe de la boîte à goujons.

la touche, le goujon soulevé s'abaisse et rentre dans la boîte, sous l'action du ressort *f* et du chariot.

Chariot. — Le *chariot* forme la partie essentielle de l'appareil. Il sert à répartir, à des moments précis, les émissions de courant. La figure 918 montre la dernière forme adoptée en France pour les lignes aériennes. Ce chariot tourne au-dessus de la boîte à goujons avec une vitesse de cent vingt à cent cinquante tours par minute. Il est muni d'une lèvre V et d'un appendice g_1, terminé par un galet qui s'engage dans le collier B, en face d'un autre galet appartenant au levier HH_1; le tout est mobile autour des vis rr_1. Le collier B peut se déplacer sur l'arbre vertical W, entre la pièce G et le bourrelet qu'on voit un peu au-dessus, et ne gêne en rien la rotation du chariot et de l'arbre W sous l'action du mouvement d'horlogerie, qui commande ce dernier par l'intermédiaire de la roue d'angle R_6.

Le levier HH_1, mobile autour de l'axe a_1, se termine par un ressort F_1, qui oscille entre deux vis c_1 et c_2, reliées, la première à l'un des pôles de la pile, la seconde au contact de l'interrupteur, au support de la palette et au ressort sur lequel s'appuie la came de correction. Le ressort F_1, isolé par une plaque d'ébonite du reste du levier HH_1, est en communication avec un plot *n*, fixé sur la table de l'appareil; au repos, il s'appuie sur la vis c_2.

Lorsqu'on appuie sur une touche, le chariot, en tournant, rencontre bientôt le goujon soulevé; la pièce RR_1 le saisit, l'appuie sur la lèvre et le rejette ensuite pour le laisser retomber en arrière, lorsque la lèvre du chariot est passée. Pendant cette opération, le goujon a soulevé la lèvre C; l'appendice g_1 s'est abaissé,

entraînant le collier B. Le levier HH_1 bascule, et le ressort F_1 vient toucher la vis c_1, envoyant un courant dans la ligne. Dès que le goujon est retombé, les divers organes reprennent la position figurée, et le courant se trouve interrompu. Le courant ainsi produit arrive au récepteur, dont il met en mouvement le mécanisme imprimeur. Si les deux appareils concordent bien, le papier est soulevé et pressé contre la roue des types au moment où le caractère qu'on veut imprimer passe au point le plus bas.

Mécanisme imprimeur. — Pour cela, le chariot commande en même temps la roue des types, de façon qu'elle tourne avec la même vitesse que lui. L'appareil est réglé pour que chaque caractère se trouve au point le plus bas au mo-

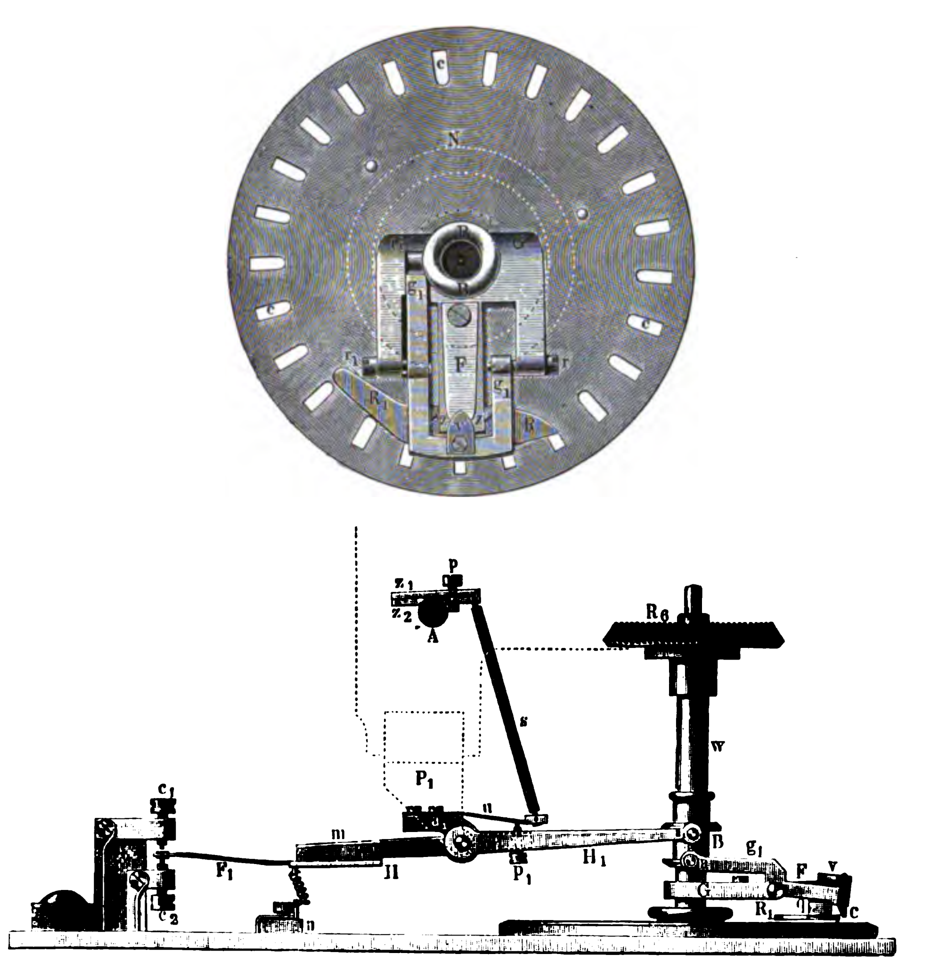


Fig. 918. — Plan et élévation du chariot.

nt où le chariot passe au-dessus du goujon respondant. Si de plus les chariots des deux ıtes sont parfaitement synchrones, on conçoit ɜ l'émission du courant due au soulèvement n des goujons, dans le premier poste, se duira exactement lorsque le caractère corpondant de l'autre poste sera au point le plus , et ce caractère s'imprimera sur le pa-r.

a roue des types, qui doit être commandée par le chariot, est fixée sur un axe, appelé *axe des types*, qui engrène avec celui-ci de la manière suivante. La partie supérieure du chariot porte, comme nous l'avons vu plus haut, une roue d'angle R_6 horizontale ; cette roue engrène avec une autre roue verticale R_5 de même grandeur, ayant le même nombre de dents (fig. 919), et fixée à l'arbre des types $w_1 w_1$, qui tourne avec elle. Cet arbre porte divers organes importants : d'abord un manchon B_2B_2, fixé à l'arbre

par la vis R_1, et entouré par une sorte d'anneau mobile B_1B_1, en acier fortement trempé, maintenu à frottement dur par le ressort MM; cet anneau, appelé ***roue de frottement***, ne peut se déplacer que sous l'influence d'un effort énergique. En avant de cette roue se trouve un double manchon a_2a_2, b_1b_1, dont la partie intérieure porte la roue des types A, sur la circonférence de laquelle sont tracés en relief les mêmes signes que sur le clavier du … les deux séries de signaux … suivant :

Blanc des lettres. A 1 B 2 …
7 H 8 I 9 J 0 K . L . …
Q ' R + S — T § U ! V …
(X) Y & Z .

Roue de correction. — En … des types, la partie extérieure …

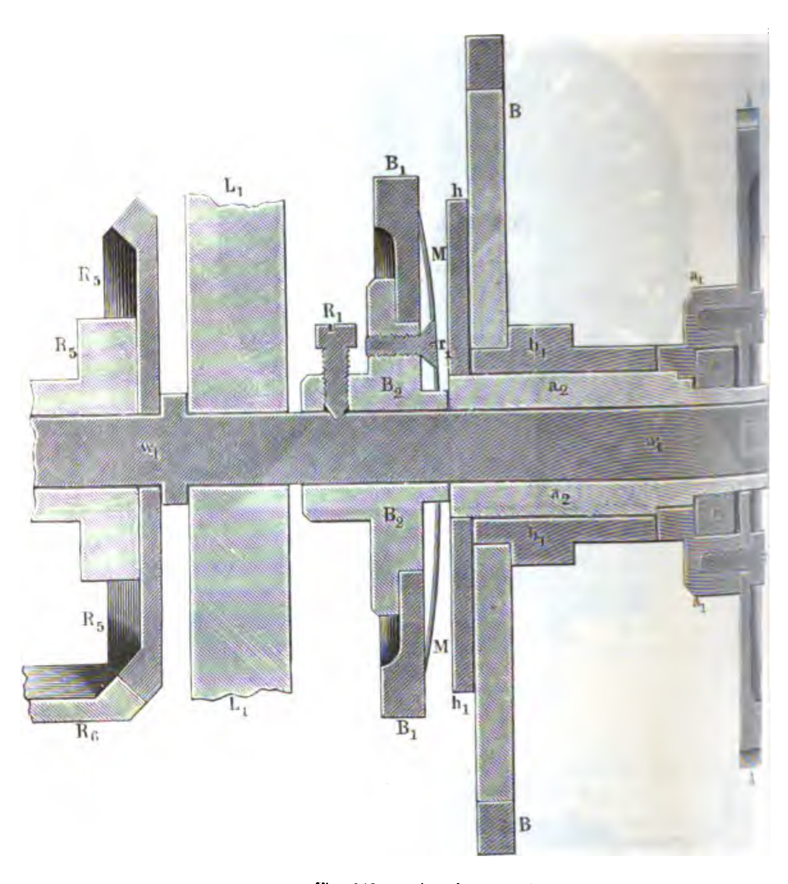


Fig. 919. — Axe des types (coupe).

porte une seconde roue BB qu'on appelle *roue de correction*, servant à maintenir le synchronisme et à passer des lettres aux chiffres et réciproquement. Cette roue, en acier trempé, a sa circonférence divisée en cinquante-six parties égales, dont vingt-huit portent des dents aiguës également espacées. La roue des types portant cinquante-six signaux, on voit que, si l'une des lettres de cette roue coïncide avec un des creux de la roue de correction, toutes les autres lettres correspondent exactement aux autres creux. De même, si l'un des chiffres se trouve en regard de l'un des creux, les … correspondent tous aux autres …

Le changement se fait à l'aide … ***levier inverseur*** v_1v_2, et de la pi… établir la liaison entre la roue de … de correction (fig. 920). Elle est … cette dernière roue et fixée au … roue des types. Le doigt h_1 pénètre … crans du cliquet k, pressé par … l'autre extrémité h s'engage dans … diane du levier inverseur, qui … ment dur autour de la vis s. L…

est, comme le montre la figure, dans le premier cran du cliquet *k*, l'extrémité v_1 fait saillie en dehors de la roue et bouche l'un des creux. Si le doigt h_1 pénètre dans le second cran, le doigt *h* fait tourner l'ancre et c'est l'extrémité



Fig. 920. — Roue de correction et levier inverseur.

, qui fait saillie. Les deux creux alternativement obstrués par l'ancre doivent concorder, ans le montage général, avec le blanc des letes et le blanc des chiffres.

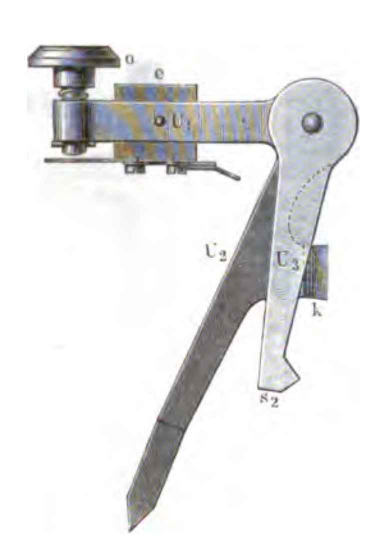


Fig. 921. — Levier de rappel au blanc.

evier de rappel au blanc. — Derrière la roue correction, un axe fixe, adhérant à la platine érieure de l'appareil, porte un levier (fig. 921), elé *levier de rappel au blanc*, qui ramène la e des types à sa position de repos, lorsque oncordance cesse d'exister entre les deux récepteurs. Ce levier est formé de trois branches, dont deux U_1 et U_3 dans un même plan ; la troisième U_2 est en arrière et se meut dans un plan parallèle. La branche U_1 sert de manette pour agir sur les deux autres. En regard de ce levier est placé un ressort-lame qui remplit, par rapport au cliquet k_1 de la roue correctrice, le même rôle que le plan incliné dont nous parlerons plus loin à propos du levier d'échappement et de l'embrayage de l'axe du volant avec l'axe imprimeur. On voit l'extrémité de ce ressort figure 926, au-dessous et à droite du tampon O.

Lorsque le levier de rappel au blanc est

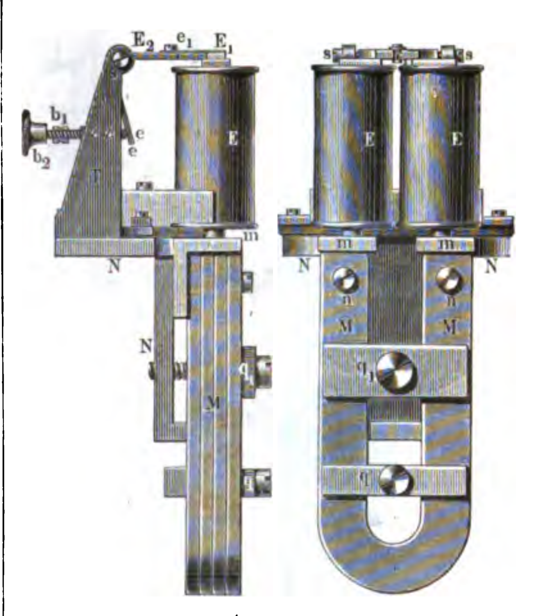


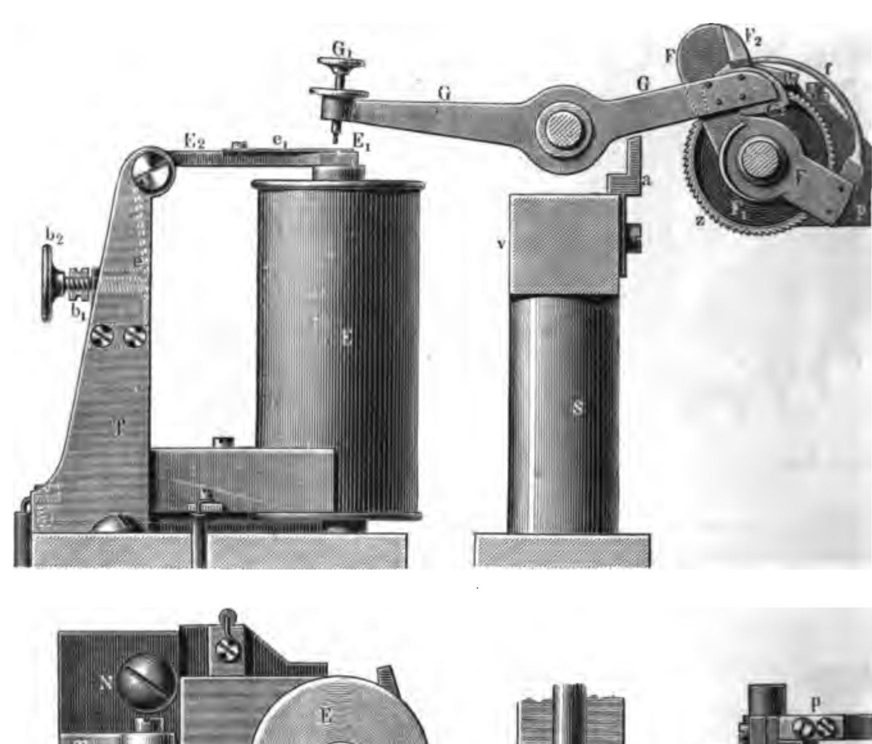
Fig. 922. — Électro-aimant Hughes.

abaissé, l'appendice *k* de la branche U_2 pousse le ressort-lame sous le cliquet de la roue correctrice ; ce ressort soulève le cliquet ; la roue de frottement tourne librement, tandis que la roue de correction et la roue des types sont arrêtées. En même temps, le crochet S_2 de la branche U_3 s'engage dans une encoche pratiquée dans le manchon qui supporte la roue de correction.

Organe électro-magnétique. — L'organe électro-magnétique du récepteur est un électro-aimant polarisé d'une forme particulière, appelé électro-aimant de Hughes. Le noyau est constitué par un fort aimant en fer à cheval MM (fig. 922), fixé par une équerre de laiton NN sous la table de l'appareil. Les deux pôles de cet aimant portent des pièces polaires *mm*, entou-

rées par des bobines EE. Le fil est enroulé de maniere à produire deux pôles contraires aux deux extrémités. Au-dessus de ces bobines se trouve une palette de fer doux E_1E_2, ayant à peu près la forme d'un double T. Cette palette est mobile entre les pointes de deux vis ss et tend à s'écarter de l'électro-aimant, sous l'action des deux ressorts *ee*, réglés par les vis b_1b_2.

A l'état de repos. la palette reste appliquée



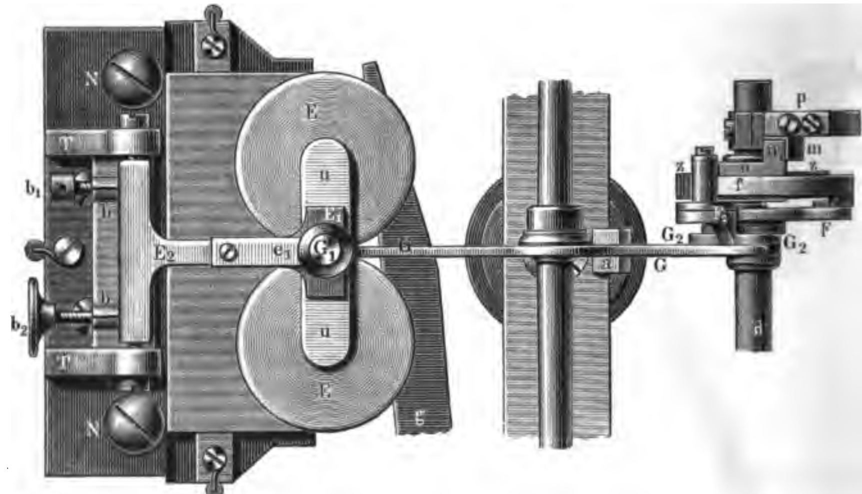


Fig. 923. — Levier d'échappement.

contre les pôles de l'électro-aimant; mais, si l'appareil reçoit un courant de sens convenable, l'aimantation diminue, et la palette bascule sous l'influence des lames *ee*. Le mécanisme du récepteur se trouve ainsi mis en marche et fonctionne d'une manière purement mécanique. Le même effet se produit chaque fois que, l'un des goujons du manipulateur se trouvant soulevé, le passage du chariot provoque une émission de courant.

Levier d'échappement. — Examinons maintenant le fonctionnement de ce mécanisme. Au-dessus de la palette E_1E_2 se trouve un levier GG, appelé *levier d'échappement* (fig. 923), qui, dans la position de repos, arrête une pièce FF, munie d'une saillie F_2 et d'un cliquet nn_1, mobile autour

de son axe. Le ressort *f*, porté par la pièce FF, tend à appuyer ce cliquet sur la roue dentée Z, et les dents de ces deux organes sont disposées de telle sorte que le mouvement de droite à gauche détermine l'embrayage. La figure représente la position de ces pièces pendant le mouvement normal de l'appareil, lorsqu'il est en marche sans être traversé par le courant. La pièce F_2 est alors arrêtée sur le cran du levier G ; le cliquet est soulevé et son appendice n_1 s'appuie sur un petit plan incliné *m*, fixé en *p* par deux vis sur le bâti de l'appareil. La roue Z, qui est montée sur l'axe du volant, tourne alors librement avec lui.

Axe imprimeur. — L'arbre du volant qui porte la roue Z s'emboîte dans la pièce F, qui est supportée elle-même par un axe qu'on appelle *arbre imprimeur* ou *arbre des cames*. Cet arbre sert de coussinet à l'arbre du volant. Les deux



Fig. 924. — Embrayage de l'axe du volant et de l'arbre imprimeur.

arbres sont dans le prolongement l'un de l'autre, mais ils restent indépendants tant que la



Fig. 925. — Axe imprimeur.

èce F_2 est arrêtée par le levier d'échappement.

Embrayage de l'axe du volant et de l'axe imprimeur. — A chaque émission de courant, la palette E_1E_2, en se soulevant, vient frapper la vis et fait basculer le levier d'échappement de uche à droite : la pièce F_2 tombe ; le cliquet sse par-dessus le plan incliné *m* et, sous l'acn du ressort *f*, vient s'appuyer sur la roue Z, mme le montre la figure 924. Les dents sont rs en prise et la roue Z entraîne le cliquet, pièce F et l'arbre sur lequel elle est montée ; deux arbres embrayent l'un avec l'autre, et mettent à tourner avec la même vitesse. Le uvement ne dure d'ailleurs qu'un seul tour : s le milieu de la révolution des deux axes, came en forme de croissant F_1 passe sous la face inférieure G_2 du levier d'échappement et le fait basculer de droite à gauche ; la vis G_1 appuie sur la palette et la ramène au contact des plaques polaires de l'électro-aimant. Le levier GG revient à sa position première et arrête de nouveau la pièce F_2 ; les choses restent ainsi jusqu'à ce qu'il se produise une autre émission de courant.

Cames de l'axe imprimeur. — Nous venons de voir comment l'axe imprimeur embraye l'axe du volant. Cet axe imprimeur (fig. 925) porte à la partie antérieure quatre cames de forme différente, la *came de dégagement*, la *came de correction*, la *came de progression du papier*, et la *came d'impression*.

La came de dégagement sert à repousser le levier de rappel au blanc et à dégager la roue

de correction et la roue des types. Elle est formée d'un doigt *s* qui passe sous la branche U_2 de ce levier, la rejette en arrière et laisse le ressort-lame se rapprocher de la platine de l'appareil : le cliquet de la roue de correction se trouve ainsi dégagé et peut tomber sur la roue de frottement. La roue de correction et la roue des types embrayent avec le mouvement d'horlogerie, et la roue des types tourne avec une vitesse égale à celle du chariot, les roues d'angle qui unissent ces pièces ayant le même diamètre et le même nombre de dents.

Correction. — La came de correction sert à corriger l'avance ou le retard de la roue des types, par l'intermédiaire de la roue de correction. Elle est formée d'un petit coin en acier trempé, encastré dans une chape d_3 et maintenu par une ou deux vis.

Si les deux appareils sont bien synchrones, cette came, à chaque tour de l'axe imprimeur,

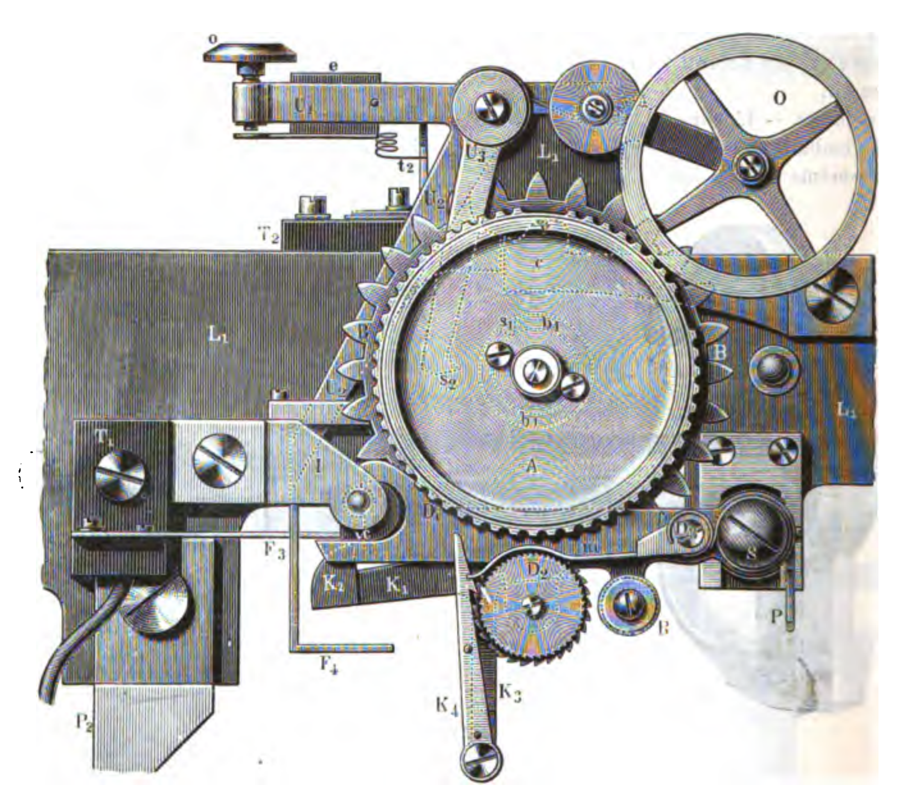


Fig. 926. — Ensemble du mécanisme imprimeur.

passe exactement entre deux dents de la roue de correction. Si au contraire le récepteur du poste considéré est en retard, la came correctrice vient frapper la dent antérieure, la pousse en avant, et par suite fait avancer le manchon qui porte la roue des types en faisant sauter le cliquet par-dessus quelques dents de la roue de frottement. Si l'appareil est en avance, la came vient heurter la dent postérieure, qui se présente trop tôt ; le choc est amorti par les deux coussinets qui entourent la roue de frottement et dont l'un fait ressort ; cette roue glisse entre ces coussinets et l'ensemble de la roue des types et de la roue de correction s'arrête, jusqu'à ce que le synchronisme soit rétabli. La correction s'effectuant à chaque tour de l'axe imprimeur, le synchronisme se maintient parfaitement, pourvu qu'il ait été établi au début.

Passage des lettres aux chiffres. — La came de correction sert encore à passer des lettres aux chiffres et réciproquement. Le clavier n'ayant que vingt-huit touches, tandis que la roue des types porte cinquante-six caractères, il semble que ceux-ci ne puissent se présenter à l'impression que de deux en deux, de sorte qu'on pourrait transmettre seulement soit des lettres, soit des chiffres, suivant le réglage initial. La came de correction remédie à cet inconvénient. Sup-

posons par exemple qu'on transmette des lettres et qu'on veuille passer aux chiffres : on appuie sur la touche du blanc des chiffres : pendant l'évolution de l'axe imprimeur, la came correctrice s'engage entre les dents de la roue de correction, rencontre la partie saillante du levier inverseur v_1v_2 et la repousse. Ce mouvement fait basculer la pièce hh_1 et fait tourner la roue des types de $\frac{1}{56}$ de circonférence, de sorte que ce sont les chiffres, et non plus les lettres. qui se présentent à l'impression. En appuyant au contraire sur la touche du blanc des lettres, on produit le même mouvement en sens inverse et l'on peut de nouveau transmettre des lettres.

Impression. — Les deux dernières cames servent à l'impression. A droite de la roue des types et un peu au-dessous, la platine de l'appareil porte un axe S (fig. 926), autour duquel ournent deux leviers. Le premier, appelé *levier*

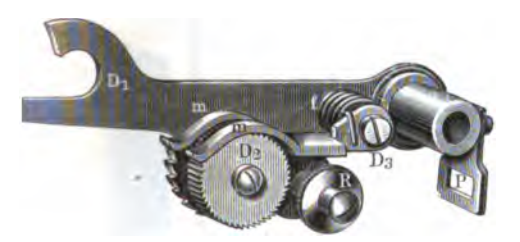


Fig. 927. — Levier d'impression.

impression (fig. 926 et 927), porte deux guides et R que traverse d'abord la bande de papier; tte bande passe ensuite sur le rouleau D_2, ntre lequel elle est appuyée par la fourchette *n* et le ressort *f*, enroulé autour de l'axe D_3. partie antérieure du rouleau D_2 est dentelée ur l'entraînement du papier; la partie méine, sur laquelle se fait l'impression, est courte d'une couche bien unie de gutta-percha; partie postérieure porte un rochet. La *came npression,* formée d'un petit prisme triangure à arête vive d_2, fixé sur l'axe imprimeur, se au moment convenable sous le crochet D_1, termine le levier d'impression, le soulève et uie pendant un instant le rouleau D_2 et la ide de papier contre la roue des types A; ipression se produit et le rouleau retombe au it d'un instant. Les caractères sont encrés, me dans l'appareil Morse, par un tampon en p O, enduit d'encre oléique, qui repose sur ranche de la roue des types et, entraîné par rottement, tourne en sens inverse. Le papier est emmagasiné sur un rouet fixé à la droite du massif de l'appareil (fig. 915).

Lorsqu'un caractère vient d'être imprimé, il est nécessaire de faire avancer la bande de papier. Ce résultat s'obtient de la manière sui-

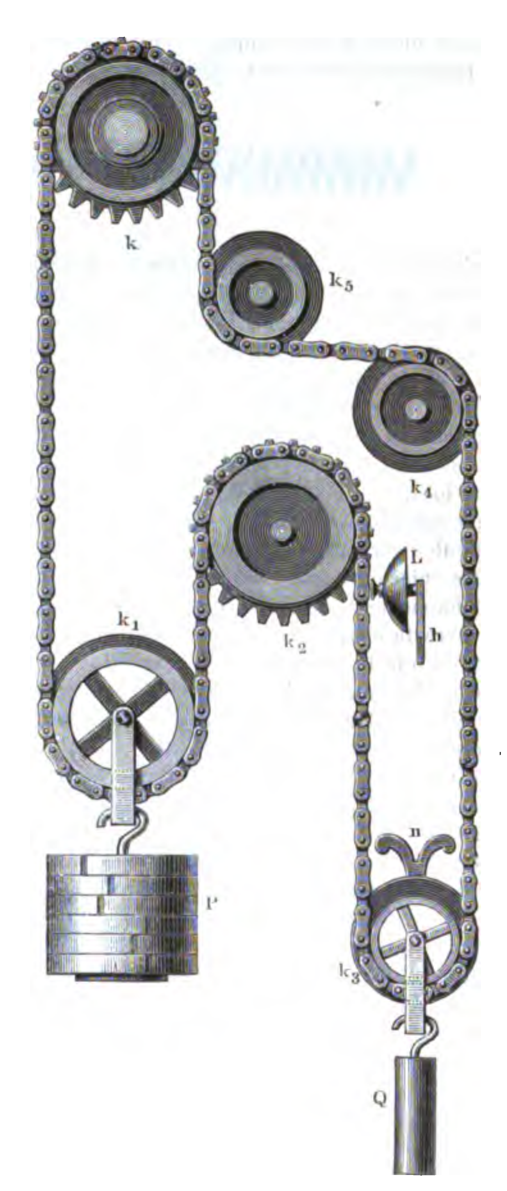


Fig. 928. — Moteur de l'appareil Hughes.

vante. Le second levier porté par l'axe S, ou *levier d'entraînement du papier,* est articulé avec le levier d'impression au moyen du crochet K_1, qui s'applique sur la roue à rochet de rouleau D_2. La tête du levier d'entraînement se voit en K_2. La dernière came portée par l'arbre imprimeur

ou *came d'entraînement* est une sorte de limaçon d_1 qui, au repos, presse sur l'extrémité libre K_2 du levier d'entraînement. Dans la rotation de l'arbre imprimeur, la surface excentrique de cette came abaisse peu à peu le levier; le crochet K_4, fixé au levier, tire de haut en bas la dent du rochet avec laquelle il est en prise, et la rotation du tambour D_2 entraîne le papier. Au bout d'un instant, la came d'entraînement ne présente plus au levier sa partie renflée, et ce levier est ramené à sa position première par un ressort : le crochet K_4 saute quelques dents du rochet et se met en prise avec celle qui se trouve en face de lui lorsqu'il est en haut de sa course. Le papier avance ainsi d'une même quantité après l'impression de chaque signe.



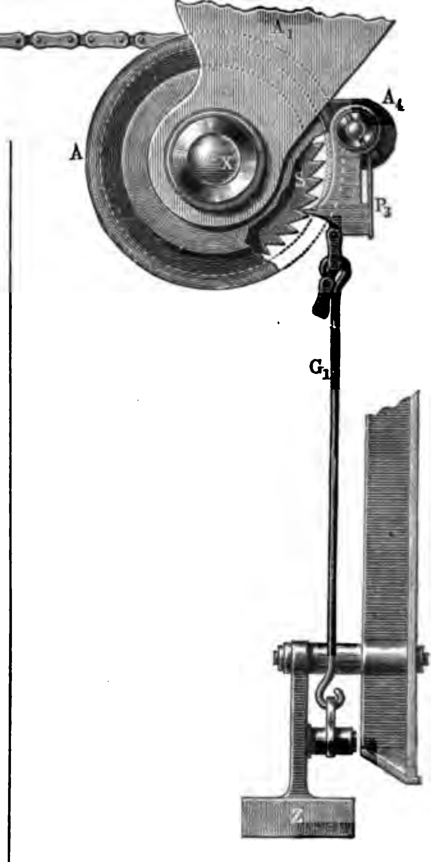


Fig. 929. — Remontoir de l'appareil Hughes.

Contrôle des transmissions. — En même temps que la dépêche est transmise au bureau récepteur, l'appareil Hughes l'imprime également au poste de départ, ce qui permet d'en conserver le texte et facilite le contrôle des transmissions. Dans les anciens appareils, une partie du courant de ligne traversait l'électro-aimant du poste de départ pour produire cette impression locale : aujourd'hui le même résultat s'obtient automatiquement à l'aide de la pièce S, articulée par un ressort avec le chariot (fig. 918). Cette pièce s'appuie sur l'axe A du levier d'échappement, de sorte que, chaque fois que la lèvre du chariot est soulevée par un des goujons et que le ressort F_1 vient s'appuyer sur la vis c_1, elle entraîne le levier d'échappement et le fait basculer. Dans les appareils français, la pièce S est reliée au levier HH_1 et au levier d'échappement d'une part par une sorte de charnière, de l'autre par une vis à contre-écrou.

Les bandes imprimées à l'arrivée sont coupées, collées sur les formules imprimées bien connues, et remises aux destinataires. Les dépêches imprimées en local au départ et les collationnements sont recueillis sur des rouleaux et conservés dans les archives.

Moteur. — L'appareil Hughes est mû par un poids P (fig. 928), formé de six rondelles de plomb superposées, pesant chacune environ 10 kilogrammes, et supportées par une petite plate-forme surmontée d'une tige à crochet. Ce poids P est suspendu à une poulie k_1, dont la gorge repose sur une chaîne de Gall. Cette chaîne passe ensuite sur les dents de la roue k, qui fait partie du mécanisme d'horlogerie, puis sur les poulies de renvoi k_5 et k_4 ; elle supporte ensuite la poulie k_3 et le contre-poids Q, et s'applique enfin sur les dents de la roue k_2, fixée sous la table de l'appareil.

La descente du poids P entraîne la chaîne sans fin et la roue k. Le contre-poids Q remonte en même temps, et, lorsqu'il est au bout de sa course, la fourchette n soulève le levier h, qui frappe le timbre L, et avertit le télégraphiste qu'il est temps de remonter le poids.

Cette opération se fait en abaissant avec le pied la pédale Z (fig. 929), qui est surmontée d'une tringle G_1, fixée à un tronçon de chaîne sans fin, dont l'extrémité est accrochée à un fort ressort F, fixé lui-même par l'autre bout à la table de l'appareil. Cette chaîne passe sur une roue dentée munie d'un bras de levier A_4, terminé par un cliquet mobile autour de son

axe et appuyé par un ressort P_3 sur le rochet S, calé sur le même axe que la roue dentée k_3 (fig. 928).

Quand on abaisse la pédale, la pièce A_1 s'abaisse aussi ; la roue S est entraînée de gauche à droite par le cliquet et le poids remonte. Quand on cesse d'appuyer, le ressort F fait remonter la pédale et ramène le levier A_1 à sa position normale, le cliquet glissant sur les dents de la roue à rochet. En même temps, un

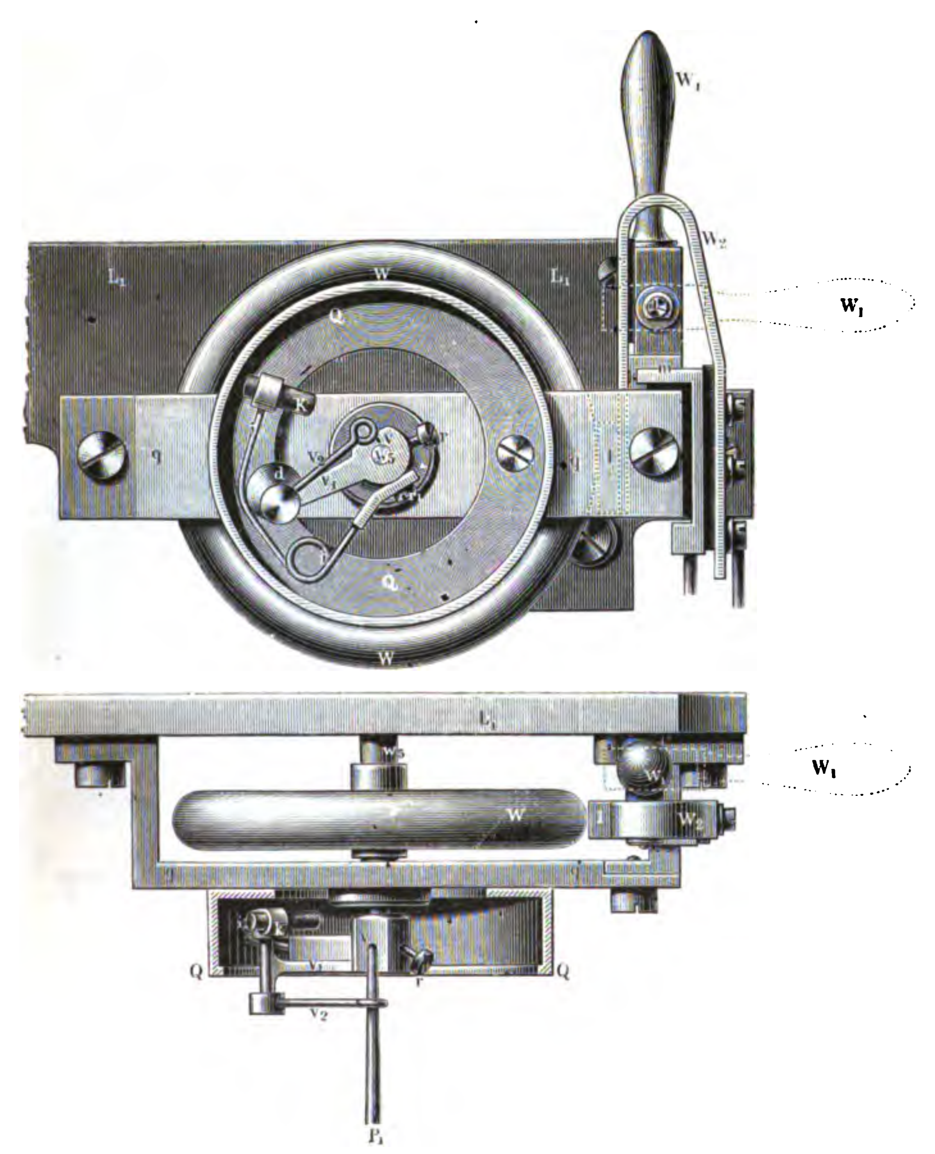


Fig. 930. — Volant, levier d'arrêt et frein de l'appareil Hughes (plan et élévation).

second cliquet, caché par la platine A_1 et sollicité de haut en bas par un ressort, s'engage dans la roue S et l'empêche de retourner en arrière, ce qui empêche le poids de redescendre.

Régulateur. — Le dernier arbre du mécanisme d'horlogerie porte un volant V (fig. 915), destiné à régulariser son mouvement. Ce volant est formé d'un disque entouré d'un anneau plus épais W (fig. 930) ; il est calé sur son axe, à frottement dur, entre deux plaques qui lui permettent de continuer un peu sa course en cas d'arrêt brusque. Son axe est supporté par un pont *qq*.

L'appareil porte, en outre, un régulateur et

un frein. Le régulateur est formé d'une lame vibrante, munie d'une boule de laiton, qu'on peut écarter plus ou moins du volant. La lame offre d'autant plus de résistance que la boule est plus rapprochée du volant. Quand l'appareil est arrêté, la pointe de la lame repose sur la partie plane de la pièce VV_1, qui dépend du frein. Lorsqu'il est en marche, la lame s'écarte de cette pièce, et décrit des vibrations coniques dont l'amplitude augmente avec la vitesse du volant; la résistance de la lame augmente en même temps.

La lame agit en outre sur un frein (fig. 930 et 931) formé de trois parties : 1° une tige en laiton VV_1, serrée par la vis r sur l'axe du volant et participant à son mouvement de rotation ; 2° une tige V_2, terminée d'une part par

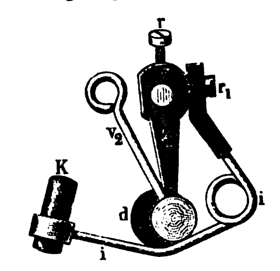


Fig. 931. — Frein de l'appareil Hughes.

un anneau dans lequel s'engage l'extrémité de la lame, de l'autre par un excentrique d et articulée avec la pièce VV_1 ; 3° un ressort ii, fixé à la tige VV_1 par la vis r_1, s'appuyant sur l'excentrique d et se terminant par un frotteur K. Cet appareil tourne dans l'intérieur d'un collier métallique QQ; lorsque la vitesse augmente, la lame agit sur l'excentrique d et appuie le frotteur K plus ou moins fortement contre la surface intérieure du collier Q.

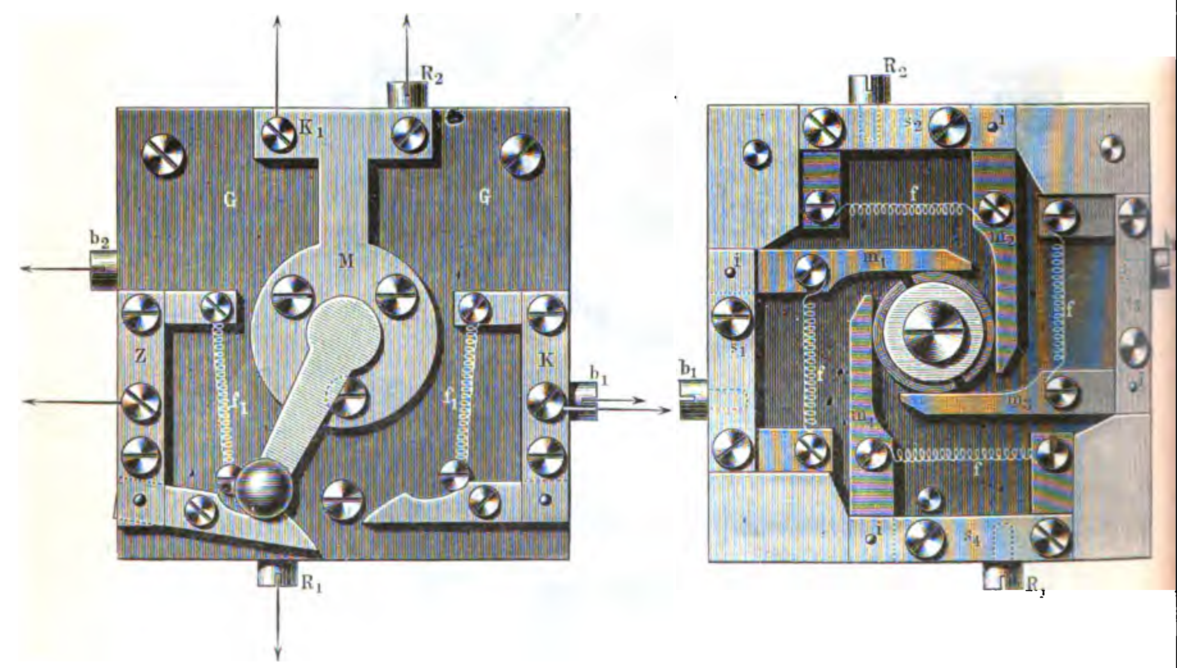


Fig. 932. — Commutateur allemand (face supérieure et face inférieure).

Levier d'arrêt. — Le levier W_1 (fig. 930) sert à mettre l'appareil en marche ou à l'arrêter. Ce levier, mobile autour de son axe, se termine par un excentrique qui agit sur le ressort recourbé W_2, terminé en I par une sorte de sabot, qui appuie sur le volant et l'arrête, lorsque le levier est horizontal. Lorsqu'il est vertical, le sabot s'écarte du volant W, qui peut tourner librement.

Commutateur. — L'appareil Hughes est muni ordinairement d'un interrupteur à manette et d'un commutateur suisse, rond ou carré.

Les appareils allemands sont pourvus d'un commutateur original, qui permet d'envoyer à volonté sur la ligne un courant positif ou négatif et de changer en même temps le sens du courant dans l'électro-aimant. Pour cela, la face supérieure porte deux pièces articulées KZ.

reliées, la première au pôle positif d'une pile dont le pôle négatif est à la terre, la seconde au pôle négatif d'une pile reliée au sol d'autre part. La vis K_1 (fig. 932) communiquant avec le contact c_1 du manipulateur, on envoie dans la ligne des courants positifs ou négatifs, suivant que la manette centrale est placée sur la pièce K ou sur la pièce Z. D'un autre côté, la partie inférieure de l'axe de la manette se compose de deux demi-circonférences métalliques isolées l'une de l'autre par une rondelle d'ébonite. La face inférieure de l'appareil porte quatre tiges métalliques m_1, m_2, m_3, m_4, articulées en i, i, i, i, que des ressorts pressent contre les deux demi-circonférences. Ces tiges sont respectivement reliées aux vis b_1, R_2, b_2, R_1, qui communiquent : b_1 avec la ligne, b_2 avec la terre, R_1 et R_2 avec l'entrée et la sortie du fil de l'électro-aimant. Si l'on fait usage d'un courant positif, m_1 communique avec m_4, et m_2 avec m_3, donc b_1 avec R_1 et b_2 avec R_2. Si l'on prend, au contraire, un courant négatif, comme le représente la figure, on relie m_1 et m_2, m_3 et m_4, b_1 et R_2, b_2 et R_1,

Les appareils munis de ce commutateur portent cinq bornes : pile +, pile —, sonnerie, ligne, terre; les communications intérieures sont du reste les mêmes que sur le modèle français : on peut donc suivre facilement la marche du courant. (Voy. TÉLÉGRAPHIE.)

Réglage. — Le réglage de l'appareil Hughes est une opération délicate et compliquée. Nous insisterons seulement sur le réglage du synchronisme et de l'aimantation : ce sont les deux parties que les télégraphistes ont à effectuer le plus souvent. Nous décrirons ces opérations d'après le livre de M. L. Montillot, la *Télégraphie actuelle*, auquel nous avons emprunté également une grande partie des renseignements contenus dans cet article.

Dès l'ouverture du bureau, le télégraphiste met l'appareil en marche à l'aide du levier W_1, appelle son correspondant et lui demande de *faire des blancs*, ce qui consiste à répéter le signal à chaque tour de chariot pour faciliter le réglage du synchronisme. Cette demande se fait à l'aide du signal « Blanc I T » que le correspondant doit lire au son, si les deux appareils ne sont pas d'accord. L'employé sollicité à faire des blancs produit un certain nombre d'émissions de courant régulièrement espacées, en appuyant sur une même touche, ordinairement le blanc des lettres. Si le correspondant voit à chaque tour s'imprimer une lettre différente, c'est que lés appareils ne sont pas synchrones. Si la lettre qui s'imprime est la même pendant un grand nombre de tours, il suffit d'amener l'appareil à donner des blancs. Il ne suffit pas du reste que la même lettre s'imprime pendant deux ou trois tours de chariot pour qu'on soit assuré du synchronisme : l'erreur peut être assez petite pour que la came correctrice y remédie. Il faut empêcher la correction de se faire pendant un certain nombre de tours en coupant la communication avec la ligne, c'est-à-dire en isolant pendant ce temps la manette de l'interrupteur. Si la même lettre reparaît ensuite, les deux appareils sont bien synchrones. S'il n'en est pas ainsi, on déplace la boule de laiton portée par la lame vibrante jusqu'à ce que, par tâtonnement, on soit arrivé, après un isolement de huit ou dix tours de chariot, à obtenir toujours la même lettre. Les deux appareils sont alors bien réglés au point de vue de la vitesse : reste l'aimantation.

Le réglage de l'aimantation s'obtient par la tension du ressort antagoniste de la palette et par l'interposition d'une pièce de fer doux en forme de coin entre les pôles de l'aimant. La force antagoniste doit être proportionnée à l'énergie du courant de la pile.

Pour faire ce réglage, on transmet à chaque tour la combinaison « Blanc I NT. » Le correspondant agit sur la vis de réglage de la palette ou sur le coin mobile de l'aimant jusqu'à ce que le signal s'imprime très nettement. Le second appareil se règle de même en intervertissant les rôles.

Applications. — L'appareil Hughes a été adopté en France en 1861, puis en Italie, en Angleterre (1862), en Russie (1865), en modifiant la roue des types pour l'alphabet russe. Il a été mis en service en Prusse en 1865, en Autriche en 1866, et dans l'Amérique du Sud en 1871. Il fonctionne entre la France et l'Angleterre depuis 1872, et il assure aujourd'hui les relations internationales presque partout en Europe.

Télégraphes imprimeurs d'Olsen et de Rouvier. — M. Olsen a cherché à augmenter le rendement en diminuant de moitié le nombre des dents de la roue de correction. L'intervalle de deux dents correspond à deux lettres qui s'impriment par des courants de sens contraire. Les touches paires envoient un courant positif, les impaires un courant négatif.

L'appareil Rouvier est fondé sur un principe analogue. Malgré leur rendement supérieur, la complication des organes les a fait abandonner.

Télégraphes autographiques.

Au lieu de transcrire la dépêche en caractères typographiques, ces appareils transmettent des signaux quelconques, par exemple un dessin ou l'écriture même de la personne qui envoie le télégramme. Ce résultat est généralement obtenu par une décomposition électrolytique. M. Bain a le premier appliqué ce principe.

Dans le télégraphe Backwell, le manipulateur et le récepteur sont formés essentiellement de deux pointes de fer parfaitement synchrones. La première décrit des lignes parallèles très rapprochées sur une feuille de papier métallique, où la dépêche est écrite avec une encre isolante : la seconde se déplace de même sur une feuille de papier imprégnée de cyanure de potassium. Tant que la première pointe rencontre le papier métallique, la seconde trace des hachures bleues parallèles et très rapprochées; mais, lorsque la première passe sur le dessin isolant, le courant est interrompu; le dessin est donc reproduit en blanc sur fond bleu.

Pantélégraphe Caselli. — Cet appareil, exposé à Londres en 1862 et à Paris en 1867, est fondé sur le même principe que le précédent. Les deux tiges de fer du manipulateur et du récepteur sont remplacées par deux pendules longs d'environ 2 mètres et dont les mouvements sont bien synchrones. Chacun de ces pendules se termine par une masse de fer très lourde et oscille entre deux électro-aimants qui attirent alternativement cette masse. Le passage du courant dans les électros est réglé par un chronomètre indépendant du télégraphe. Le pendule de chaque poste sert alternativement de manipulateur et de récepteur. Pour cela, chaque pendule commande, par l'intermédiaire d'un système de leviers articulés, un style auquel il communique un mouvement circulaire alternatif; à chaque demi-oscillation, le style se déplace d'une petite quantité, de manière que les traits successifs ne soient pas superposés. Le papier est fixé sur un pupitre bombé sur lequel se meut le style.

La dépêche est écrite sur une feuille d'étain collée sur du gros papier, avec une encre isolante et siccative, par exemple de l'encre ordinaire additionnée d'un peu de gomme. Elle est reçue sur un papier glacé imprégné de cyanoferrure de potassium.

Le dessin est encore reproduit en blanc sur fond bleu; mais on pourrait l'obtenir au contraire en bleu sur fond blanc, en plaçant le style du récepteur dans un circuit local, qu'un relais fermerait lorsque le circuit de ligne se trouverait ouvert.

Le rendement moyen est d'inviron 35 dépêches de 20 mots par heure. Le télégraphe Caselli a été essayé avec succès entre Paris et Amiens, puis entre Paris et Lille ; l'exploitation, suspendue en 1870, n'a pas été reprise depuis cette époque.

Autres télégraphes autographiques. — M. Meyer a imaginé un appareil moins compliqué et dans lequel l'impression se fait à l'encre ordinaire, au moyen d'une hélice reproductrice en filet de vis triangulaire, sur le pourtour d'un cylindre. Le synchronisme est obtenu par un pendule conique à tige élastique. C'est en perfectionnant ce premier appareil que l'auteur fut amené à construire le télégraphe à transmissions multiples que nous décrivons plus loin.

M. Edison a exposé en 1881 un appareil dans lequel les dépêches sont écrites avec un crayon dur sur un papier ordinaire assez épais. Ce papier est ensuite enroulé sur un cylindre vertical qui tourne régulièrement : sur ce cylindre frotte une pointe qui pénètre dans les dépressions produites par le crayon. Ce déplacement est suffisant pour fermer un circuit et lancer un courant dans la ligne. Au poste d'arrivée est un cylindre synchrone du premier, sur lequel est enroulé un papier imprégné d'une solution métallique. Une pointe synchrone de la première se meut sur ce papier et y reproduit la dépêche lorsqu'elle reçoit le courant.

MM. Lenoir, d'Arlincourt, Cowper ont imaginé également des appareils autographiques.

Appareils typo-télégraphiques.

Dans les appareils autographiques, tout le temps employé par le style pour parcourir les espaces blancs est perdu. Si l'on veut transmettre l'écriture et non un dessin, il serait avantageux d'enfermer les caractères entre deux lignes parallèles, comme dans l'imprimerie. Les appareils destinés à ce mode de transmission sont appelés typo-télégraphiques : ils n'ont pas donné jusqu'à présent de résultats bien sérieux.

M. Bonelli a fait usage de peignes traçant cinq lignes à la fois; mais il fallait cinq fils de ligne.

M. Edison a exposé en 1881 un appareil dans lequel la dépêche est composée à l'aide d'un perforateur à clavier : il suffit d'appuyer sur une touche pour produire la perforation correspondant à la lettre inscrite sur cette touche.

Les perforations se trouvent sur cinq lignes parallèles. Le rendement serait, dit-on, de deux cents mots par heure, mais seulement sur les lignes de faibles longueur.

Nous citerons encore les appareils de MM. Vavin et Fribourg, et de MM. Passaquay et André.

Télégraphes à transmissions multiples.

Lorsqu'on transmet une dépêche à l'aide d'un appareil quelconque, on produit une série de passages et d'interruptions du courant : or, pendant chaque interruption, la ligne reste libre, et le temps ainsi perdu pourrait être employé utilement à transmettre un autre signal, appartenant à une autre dépêche. Les appareils à transmissions multiples ont pour but d'éviter ces pertes de temps en envoyant sur un même fil plusieurs dépêches dont les signaux se succèdent alternativement. Deux commutateurs synchrones sont disposés au départ et à l'arrivée : le premier recueille dans l'ordre voulu les signaux des divers manipulateurs; le second les répartit entre les différents récepteurs. Ce principe a été appliqué pour la première fois par M. Rouvier en 1858, en faisant usage de deux pendules synchrones.

Télégraphe multiple de Meyer. — M. Meyer a construit, en 1872, un appareil multiple faisant usage de l'alphabet Morse. Les modèles les plus simples sont quadruples; ils comportent à chaque poste quatre manipulateurs, quatre récepteurs et un diviseur ou distributeur. Le diviseur et les récepteurs sont mus par un mouvement d'horlogerie, commandé par un poids et régularisé par un pendule conique.

Distributeur. — Le distributeur de l'appareil quadruple est un disque d'ébonite partagé en quatre secteurs, sur lesquels sont incrustées des lames métalliques. Chaque secteur communique avec l'un des manipulateurs. Au centre de l'appareil tourne, d'un mouvement uniforme, un chariot portant un frotteur en fils de laiton (fig. 933), qui appuie successivement sur les quatre secteurs.

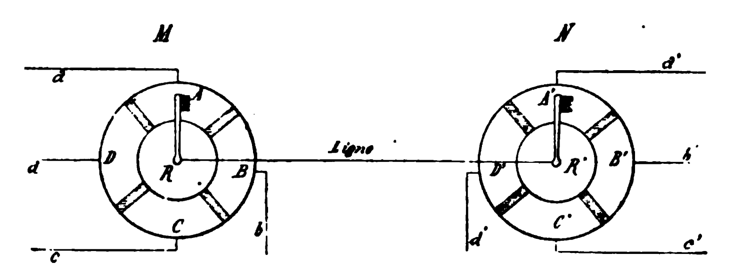


Fig. 933. — Diagramme du distributeur Meyer.

Les chariots RR' des deux postes correspondants sont en communication permanente avec la ligne. Un système de correction maintient un synchronisme parfait entre les deux appareils, de sorte que les deux chariots passent en même temps sur A et sur A', sur B et sur B', etc. Chacun des quatre manipulateurs se trouve donc relié au récepteur correspondant pendant un quart de tour : il se trouve ensuite isolé pendant trois quarts de tour, et ainsi de suite. La durée de la rotation est telle qu'un quart de tour suffise exactement à la transmission de la lettre la plus longue; pendant l'interruption qui suit, le télégraphiste doit préparer la lettre suivante, qui doit être toute formée sur le manipulateur, au moment où le chariot repasse sur le secteur correspondant.

Manipulateur. — Chaque manipulateur se compose d'un clavier à huit touches, alternativement blanches et noires. Au repos, chaque touche blanche communique avec la terre et avec le distributeur; chaque touche noire communique seulement avec le diviseur, mais se trouve en outre réunie à la touche blanche placée à sa gauche par un fil de dérivation (fig. 934); en appuyant sur une touche, on la met en rapport avec la pile.

D'autre part, chacun des quatre secteurs du distributeur est divisé en quatre groupes, formés chacun de trois lames, dont voici l'usage : la première communique avec une touche noire et correspond à un point, la seconde est reliée avec une touche blanche, et, jointe à la première, représente un trait; la troisième sert à décharger la ligne. Pour transmettre un point, l'employé appuie sur une touche noire, ce qui donne une émission brève, correspondant à une seule lame du distributeur. En pressant une touche blanche, le courant arrive au diviseur non seulement par cette touche, mais aussi par la dérivation de la touche noire voisine : on a

une émission deux fois plus longue, ce qui donne un trait. Pour transmettre une lettre, le télégraphiste appuie simultanément sur le nombre de touches noires ou blanches néces-

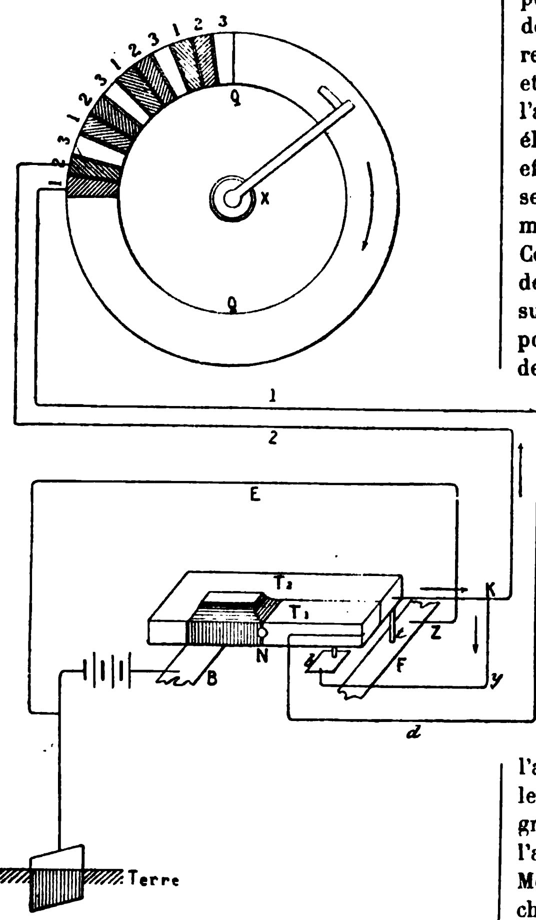


Fig. 934. — Communications électriques du manipulateur avec le distributeur.

saires pour produire les signaux qui composent cette lettre. Le chariot, passant successivement sur toutes les lames du secteur correspondant, produit les émissions de courant convenables.

Récepteur. — A l'arrivée, les signaux s'impriment transversalement sur une large bande, où ils se lisent de bas en haut. L'organe imprimeur est, comme dans le télégraphe autographique du même inventeur, une hélice imbibée d'encre oléique et tracée sur un cylindre dont la hauteur est égale à son pas. Dans l'appareil quadruple, l'hélice est divisée en quatre parties dont chacune appartient à l'un des quatre récepteurs : la première dépend du récepteur qui communique avec le premier quadrant du distributeur, et ainsi de suite.

Dans chaque récepteur, la bande de papier est soutenue par un petit châssis rectangulaire, mobile entre les pointes de deux vis, et qui porte un petit électro-aimant placé en regard des pôles d'un aimant fixe en fer à cheval. Au repos, un courant local traverse le petit électro et y produit une polarité opposée à celle de l'aimant. Il y a répulsion, et le papier reste éloigné de l'hélice. Le courant de ligne a pour effet de rompre le circuit local ; le petit électro se désaimante, et son noyau est attiré par l'aimant fixe, entraînant le châssis rectangulaire. Ce mouvement appuie le papier sur la tranche de l'hélice, qui imprime un point ou un trait, suivant la durée du courant. En réalité la disposition est un peu plus compliquée : les courants de ligne agissent sur le récepteur par l'intermédiaire de deux relais, appelés *relais de transmission* et *relais de réception*. Le circuit local de chaque récepteur est fermé lorsque le chariot du diviseur passe au-dessus du secteur correspondant.

L'appareil Meyer se construit aussi pour six ou huit transmissions simultanées. Il suffit de changer le nombre des manipulateurs et des récepteurs, celui des secteurs du diviseur et des tronçons de l'hélice.

Alphabet. — Nous avons vu que chaque manipulateur permet de composer à la fois tous les signaux de la plupart des lettres de l'alphabet Morse. Cependant, pour quelques lettres et pour les chiffres, le nombre des signaux est trop grand. On a donc dû modifier l'appareil Morse pour la transmission par le Meyer. Voici les caractères qui ont dû être changés.

é	– –
i	– – –
1	– —
2	– – —
3	— — —
4	— —
5	– –
6	– – –
7	— – —
8	— – –
9	— –
0	—
0/0	— —
Erreur	— — — — — — — — — — — —
Alinéa	– – – –
Attente	– — —

Aucune confusion ne peut se produire dans la lecture, les caractères étant imprimés transversalement et se trouvant différenciés au besoin par leur position relativement à la largeur de la bande.

Rendement. — L'appareil Meyer, dû à un employé des télégraphes français, a été d'abord appliqué pour la transmission quadruple sur la ligne de Paris à Lyon, puis pour la transmission sextuple de Paris à Marseille (1874). On obtint dans le premier cas un rendement de 22 à 25 mots par minute et par employé, dans le second environ 60 mots. Il est à peu près abandonné en France, mais employé en Autriche-Hongrie, en Suisse, en Allemagne, en Italie et dans les Pays-Bas.

Télégraphe imprimeur multiple de Baudot. — M. Baudot est parvenu en 1874 à combiner le principe de la transmission multiple avec l'impression en caractères ordinaires. Son appareil a été essayé en 1875 sur une ligne allant de Paris au Havre, revenant par Lisieux et prenant terre à Versailles. Il a reçu depuis de son auteur de nombreux perfectionnements, et il est en usage sur un grand nombre de lignes. Sur les grandes lignes, on emploie l'appareil quadruple, qui permet d'envoyer quatre dépêches à la fois par un même fil, quel que soit leur sens. Pour les lignes moins chargées, l'auteur a étudié un appareil double qui permet d'expédier deux dépêches dans le même sens ou en sens opposé.

L'appareil quadruple, que nous décrirons d'abord, comprend à chaque poste :

1 distributeur quadruple,
4 manipulateurs,
4 groupes de cinq relais récepteurs,
4 traducteurs.

L'ensemble des deux derniers organes constitue les récepteurs. Un poste Morse est adjoint à l'installation pour l'échange des communications de service.

Principe. — Dans l'appareil Baudot, chaque caractère est produit par cinq courants successifs, tous de même durée, mais les uns positifs, les autres négatifs. En arrangeant ces émissions de toutes les manières possibles, on obtient trente-deux combinaisons, reproduites ci-dessous.

Repos		—	—	—	—	—	Erreur		—	—	—	+	+
A	1	+	—	—	—	—	N	N°	—	+	+	+	+
B	8	—	—	+	+	—	O	5	+	+	+	—	—
C	9	+	—	+	+	—	P	0/0	+	+	+	+	+
D	0	—	+	+	+	+	Q	/	+	—	+	+	+
E	2	—	+	—	—	—	R	-	—	—	+	+	+
É	&	+	+	—	—	—	S	;	—	—	+	—	+
F	F	—	+	+	+	—	T	!	+	—	+	—	+
G	7	—	+	—	+	—	U	4	+	—	+	—	—
H	H	+	+	—	+	—	V		+	+	+	—	+
I	O	—	+	+	—	—	W	?	—	+	—	—	+
J	6	+	—	—	+	—	X	,	—	+	—	—	+
K	(	—	—	—	+	+	Y	3	—	—	+	—	—
L	=	+	+	—	+	+	Z	:	+	+	—	—	+
M	)	—	+	—	+	+	t	.	+	—	—	—	+
Blanc des chiffr.		—	—	—	+	—	Blanc des lettr.		—	—	—	—	+

Chaque combinaison représente deux signaux différents et fait imprimer, comme dans l'appareil Hughes, soit une lettre, soit un chiffre, suivant qu'on a produit d'abord la combinaison donnant le *blanc des lettres* ou celle qui fait apparaître le blanc des chiffres.

Le manipulateur est un clavier à cinq touches, qui sert à produire les combinaisons précédentes.

Le récepteur se compose de deux parties distinctes : un système de cinq relais polarisés, qui reçoivent les cinq courants produits par le

manipulateur, et un traducteur purement mécanique, qui, suivant la combinaison recueillie, fait imprimer la lettre correspondante.

Manipulateur. — Chaque manipulateur est un clavier à cinq touches (fig. 935), divisé en deux groupes : le premier, formé ... est manœuvré par le médius ... main gauche, l'autre, qui ... par l'index, le médius et l'ann... droite. L'employé abaisse sim...

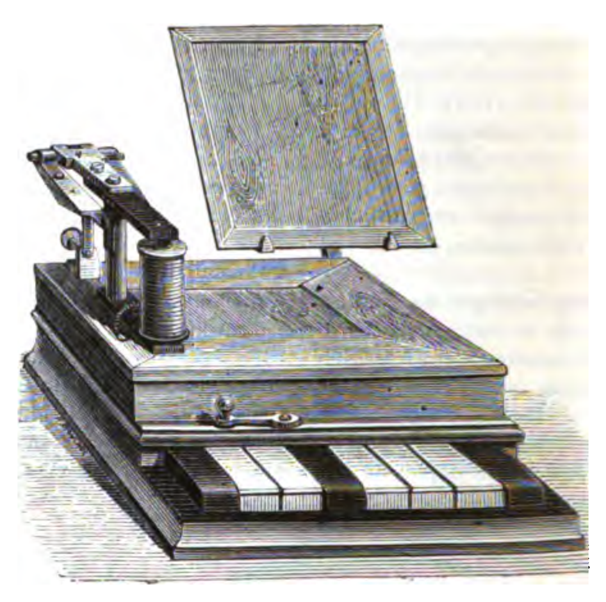


Fig. 935. — Manipulateur Baudot.

les touches qui doivent être frappées ; il est averti que la combinaison va se distribuer sur la ligne par un petit *frappeur de cadence*, placé sur l'appareil ou dans l'intérieur ; il sait alors qu'il est temps de combiner la ... Un pupitre reçoit les dépêches ...

Un commutateur à manette, ... deux groupes de touches, sert à ...

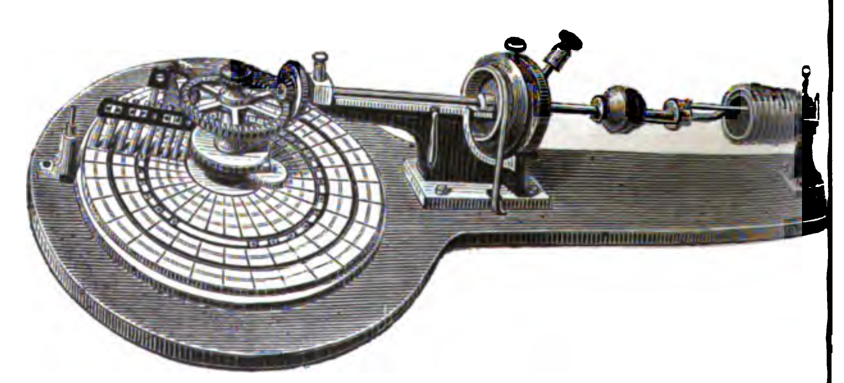


Fig. 936. — Distributeur Baudot.

reil sur transmission ou sur réception. Dans ce dernier cas, un verrou s'engage sous la première touche de droite et l'immobilise.

Chaque touche est munie de deux buttoirs, placés l'un en avant, l'autre en arrière. Les buttoirs postérieurs, ou *buttoirs de repos*, sont tous reliés au pôle négatif d'une pile, ... d'autre part.

Les buttoirs antérieurs, appelés ... *travail*, communiquent tous avec ... d'une autre pile, reliée au sol ... négatif. Les touches sur lesquelles ...

viennent toucher les buttoirs de travail et envoient sur la ligne des courants positifs ; les autres restent en contact avec les buttoirs de repos et lancent des courants négatifs.

Une autre paire de buttoirs assure l'impression en local en lançant dans le récepteur le courant d'une pile particulière, pour faciliter le contrôle des transmissions.

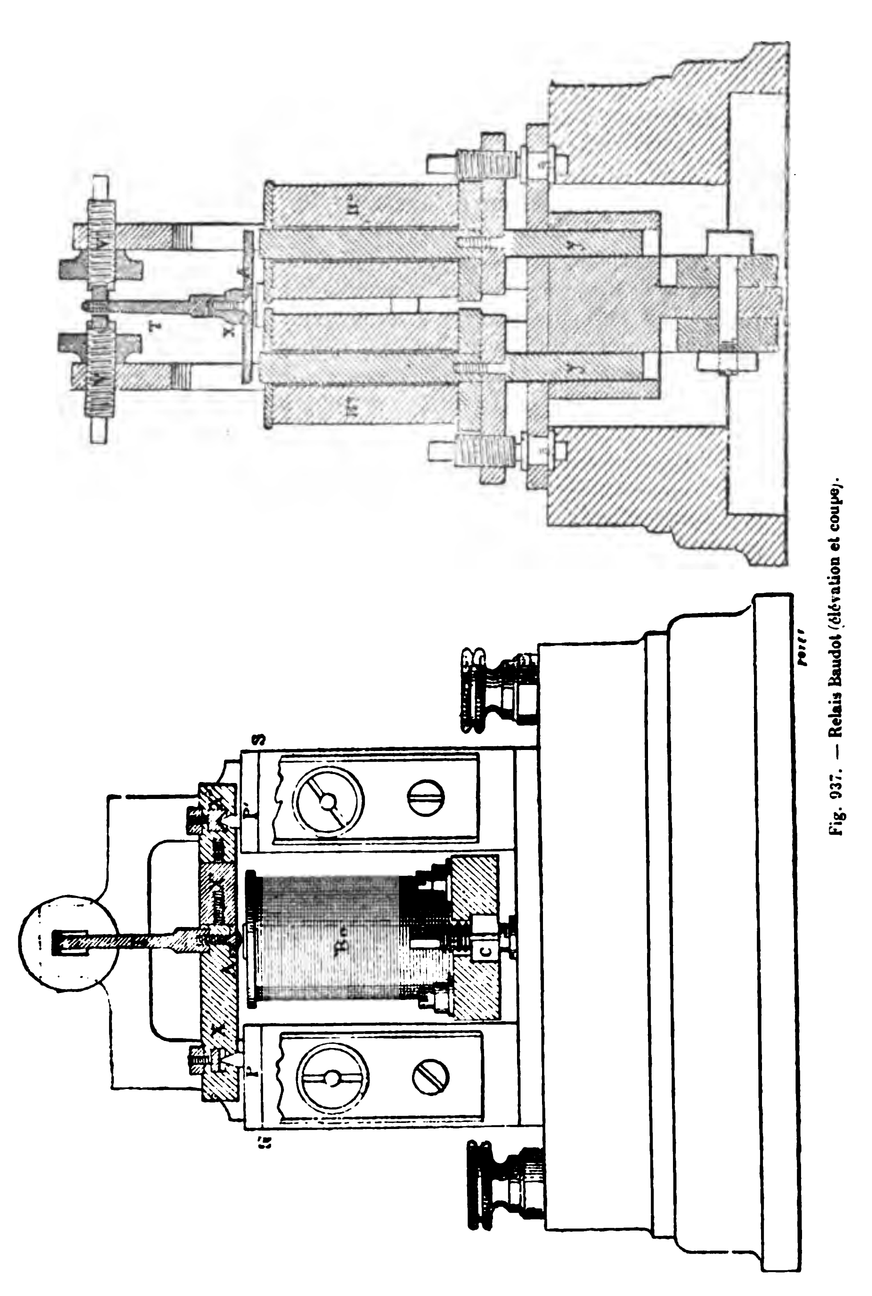


Fig. 937. — Relais Baudot (élévation et coupe).

Distributeur. — Cet organe (fig. 936) se compose d'un disque d'ébonite divisé en cinq secteurs, un pour chaque appareil, plus un secteur de correction, destiné à maintenir le synchronisme entre les deux appareils. Les quatre premiers secteurs étant identiques, il suffit d'en examiner un.

Chacun de ces secteurs comprend un certain nombre de plaques métalliques, isolées les unes des autres et disposées sur neuf cercles concen-

triques. Au-dessus tourne un bras horizontal isolant, portant dix balais métalliques, qui frottent sur les cercles précédents. Neuf de ces balais sont placés en ligne droite sur le bras mobile ; le dixième est porté par un appendice fixé en avant de ce bras. Le premier balai, en partant de la périphérie, communique par une lame métallique avec le second, le troisième avec le quatrième, le cinquième avec le huitième, le sixième avec le septième, enfin le neuvième avec celui qui se trouve placé en avant, sur le même cercle que le quatrième.

Les quatre premiers cercles, en partant de la périphérie, sont divisés, dans chaque secteur, en cinq parties égales. Dans le premier, les cinq fragments sont réunis tous ensemble et avec le plot de transmission : ce cercle est donc relié à la ligne, lorsque la manette du manipulateur est placée sur ce plot. Les cinq fragments du second cercle sont en rapport avec les cinq touches du manipulateur. Les deux premiers balais frottent sur ces deux cercles et font communiquer successivement la ligne avec chacune des touches du manipulateur. Celles-ci envoient tour à tour des courants positifs ou négatifs, suivant qu'elles sont abaissées ou qu'elles ne le sont pas.

Les deux cercles suivants, ainsi que les balais correspondants, servent à assurer l'impression locale. Pour cela, les segments du troisième cercle sont reliés au manipulateur, et ceux du quatrième aux relais récepteurs du poste.

La troisième paire de balais n'est pas utilisée dans la transmission. La quatrième et la cinquième actionnent divers organes, tels que frappeur de cadence, électro-frein, électro-aiguilleurs.

Lorsque la manette du manipulateur est mise sur réception, c'est encore le distributeur qui envoie les courants reçus dans les relais. Dans ce cas, la première paire de balais n'est plus utilisée. La ligne se trouve reliée, par l'intermédiaire des touches du manipulateur, avec les segments du troisième cercle; ceux du quatrième étant toujours en rapport avec les relais récepteurs, c'est la seconde paire de balais qui envoie dans ceux-ci les courants positifs ou négatifs émis par l'autre poste. La troisième paire établit une communication intermittente entre la ligne et la terre. Les deux dernières jouent le même rôle que précédemment.

Il est à peine nécessaire d'ajouter que les distributeurs des deux postes correspondants doivent être parfaitement synchrones. S'il y a une petite différence, elle ... tiquement par l'envoi de c... lais polarisé, qui agit sur ... *mant correcteur.* L'armature ... une tige qui s'engage entre ... dentée reliée au bras mé... et l'arrête pendant le ... rétablir la concordance. ... est parfait au moment où ... courant de correction, ce ... rectement à la terre sans ... correcteur.

Le distributeur peut être ... par un moteur hydraulique ... Humblot, ou par un mo... logue à celui de M. Deprez ... ment par une courroie pas... d'une poulie fixée sur ... (fig. 936); cet arbre se termi... qui engrène avec une roue ... l'arbre vertical qui porte ... frotteur excentrique sert ... nisme.

Le *régulateur de vitesse* se ... vibrante munie d'un cur... qu'une crémaillère permet de ... sens ou dans l'autre pour fai... On emploie souvent aussi le ... plus loin à propos de l'app...

Relais récepteurs. — Nous ... courants émis par un poste ... tributeur du poste corresp... voie aux relais récepteurs. ... bre de cinq pour chaque ap... chacun d'un aimant perman... NS portent des pointes PP ... vots à l'axe XX', autour du... lette A (fig. 937). Cette ... comme un fléau de balance ... une tige T placée entre deux ... que nous appellerons butt... toir de repos. Elle est polari... l'aimant, et ses deux pôles ... sus des deux bobines B B ... qui reçoit le courant de la ... sont commandées par les tiges ... tent de les élever ou de les ... ainsi une très grande sen... étant polarisée s'incline d'un ... suivant le sens du courant ... tro; la tige T suit ce mouvem... cher l'une des vis VV'.

Il en est de même pour ... l'appareil : les tiges s'inclinent ... relais qui reçoivent un cour...

che pour ceux qui reçoivent un courant négatif, puis elles restent dans cette position jusqu'à l'arrivée du signal suivant. Les cinq tiges reproduisent donc la combinaison figurée par le manipulateur correspondant : ainsi, si l'on a transmis la lettre U,

+ — + — —

la première et la troisième tige s'inclinent à droite, les autres à gauche (fig. 938).

Traducteur. — La combinaison lancée par le manipulateur et répétée par les relais polarisés doit être transmise jusqu'à l'organe imprimeur, et traduite en un caractère imprimé : c'est là le rôle du traducteur. Cet organe est placé dans l'intérieur du récepteur, dont l'ensemble est représenté figure 939. On voit en avant le rouet, la roue des types et la bande de papier.

Le *traducteur* ou *combinateur* est formé d'une roue T (fig. 940), calée sur l'axe A, qui porte à son extrémité la roue des types, et dont la circonférence est munie de deux voies, *voie de travail* et *voie de repos*. Ces voies portent des creux et des reliefs, non figurés, disposés dans un ordre déterminé ; elles sont séparées par un bourrelet saillant *dd*, interrompu en face de la came F. L'axe A est mis en mouvement par un rouage ou un petit moteur électrique, à l'aide d'un pignon engrenant avec la roue Q.

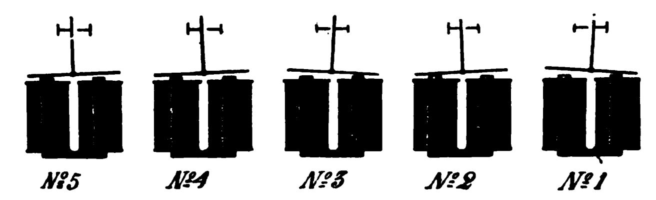


Fig. 938. — Orientation des relais polarisés.

Sur la circonférence de la roue T s'appuient cinq leviers ou *chercheurs*, tels que p^1q^1, commandés par cinq électro-aimants imprimeurs, tels que E, appelés aussi *électro-aiguilleurs*. Le distributeur peut faire communiquer, à chaque tour, les électro-aiguilleurs avec une pile locale, mais par l'intermédiaire des armatures des relais et de leurs buttoirs de travail. Le courant local ne traverse donc un électro-aiguilleur que si le relais correspondant a reçu de la ligne un courant positif. Ceux dont les relais ont reçu des courants négatifs restent inactifs. Cette disposition de relais a l'avantage de donner à l'appareil une plus grande puissance mécanique : les électro-aimants imprimeurs, actionnés par une pile locale, attirent leurs armatures plus fortement que ne peuvent le faire les relais, qui reçoivent seulement le courant de ligne.

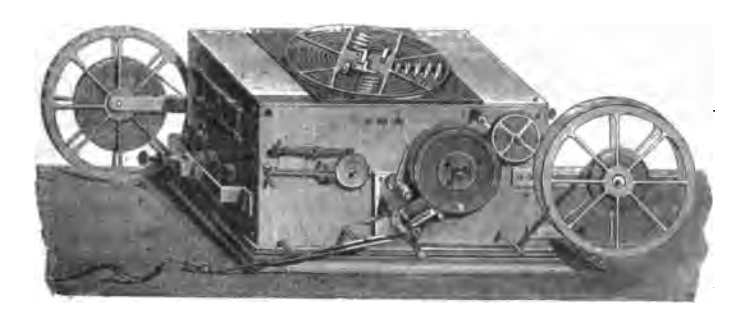


Fig. 939. — Récepteur Baudot.

Chaque électro-aiguilleur E est muni d'une armature *a*, fixée à un ressort terminé par un crochet, qui s'appuie sur l'extrémité 1 d'un levier coudé $1h1'$, mobile autour de l'axe *h*. Au repos, la branche 1 pénètre dans la première encoche *c* d'un ressort vissé sur la culasse de l'électro. En regard de la branche 1' se trouve une tige *t* ou *levier aiguilleur*, qui peut se déplacer horizontalement et qui commande l'un des chercheurs, par exemple p^1 q^1, le faisant passer sur la voie de travail lorsqu'elle est elle-même poussée vers la droite.

Si l'une des touches du manipulateur envoie un courant négatif, l'armature du relais cor-

respondant reste sur son buttoir de repos, l'électro-aiguilleur ne reçoit pas de courant : la branche 1 reste dans la première encoche, la tige *t* ne se déplace pas et le chercheur reste sur la voie de repos.

Si, au contraire, une touche du manipulateur envoie un courant positif, l'armature *a* de l'électro-aiguilleur correspondant est attirée, le crochet appuie sur le levier *h*, qui tourne et prend la position 2*h*2', indiquée en pointillé, la

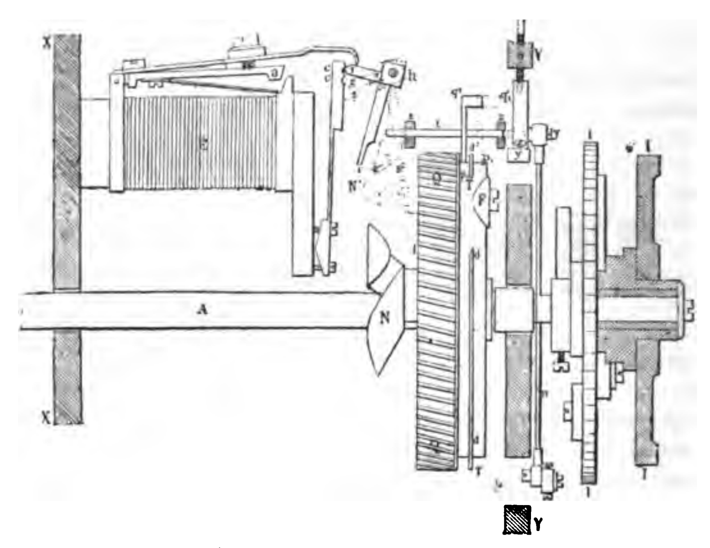


Fig. 940. — Électro-aiguilleurs et mécanisme du traducteur.

branche 2 se trouvant dans l'encoche *c'*. L'extrémité 2' presse alors légèrement contre la tringle *t*, mais sans la déplacer.

C'est alors qu'intervient la navette N, qui participe à la rotation de l'arbre A. Cet organe porte une rainure dans laquelle s'engagent successivement tous les leviers occupant la position 2'; ils sont ainsi amenés dans la position plus inclinée 3*h*3' et appuient fortement sur la tringle *t* correspondante, ce qui fait passer le chercheur dans la voie de travail. A chaque tour de l'appareil, les chercheurs correspondant aux courants positifs passent donc dans la voie de travail, tandis que ceux dont les relais ont reçu des courants négatifs restent dans la voie de repos. Les chercheurs ainsi disposés, l'impression se produit au moment convenable, puis la navette N, qui n'a pas abandonné les leviers *h*, les rejette en arrière par la forme de sa rainure; tous les leviers coudés reviennent se fixer dans les encoches *c* et l'appareil est prêt à recevoir une nouvelle lettre.

Examinons maintenant le rôle des chercheurs. Nous avons déjà vu qu'ils peuvent se déplacer sous l'action des tiges *t* de manière à se placer les uns dans la voie de travail, les autres dans la voie de repos. Ils répètent ainsi la combinaison transmise par le manipulateur et forment pour chaque signal une disposition caractéristique. On voit de plus (fig. 941) que ces

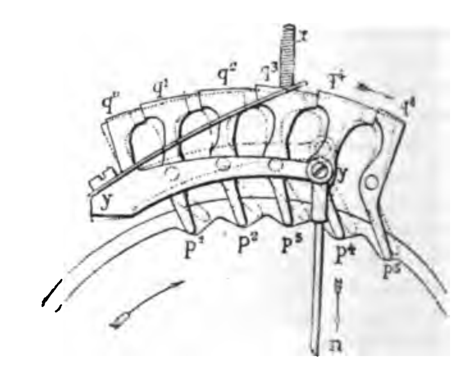


Fig. 941. — Disposition des chercheurs.

organes ont la forme de petits marteaux s'appuyant par leur tête *q* les uns sur les autres, tandis que les pointes *p* sont en contact avec la circonférence du traducteur. q^0 est une tête supplémentaire articulée avec la pièce *yy*, qui est liée elle-même à la tringle *n* et peut la faire mouvoir de haut en bas, par l'intermédiaire d'un ressort-lame commandé par la vis *x*. C'est au moment où la tige *n* s'abaisse que se produit l'impression ; mais, pour que ce mouvement de *n* se produise, il faut que tous les chercheurs

se trouvent dans des creux du traducteur et occupent les positions figurées en traits pleins, ce qui ne peut avoir lieu que pour une seule position de cette pièce, celle qui correspond à la lettre dont les chercheurs reproduisent la combinaison. Le mouvement de haut en bas de la tige *n* appuie alors le papier sur la roue des types, et la lettre s'imprime. Pendant tout le reste de la rotation du traducteur, il y a toujours au moins un des chercheurs qui ne repose pas dans un creux de cet organe. Toutes les têtes s'appuyant les unes sur les autres, il suffit qu'un des marteaux se trouve ainsi incliné pour obliger tous les autres à prendre la même position, celle qui est figurée en pointillé : la tête q^{o} s'incline aussi vers la gauche, la tige *n* est retenue au haut de sa course et l'impression ne peut se produire. Dès que la lettre est imprimée, la came F ramène dans la voie de repos tous les chercheurs qui se trouvent dans la voie de travail.

Mécanisme imprimeur. — Il nous faut décrire enfin le mécanisme par l'intermédiaire duquel le mouvement de haut en bas de la tige *n* produit l'impression.

Ce mécanisme comprend une roue des types, dont la circonférence porte des caractères en relief, les lettres et les chiffres étant alternés, et une *roue d'impression*, analogue à la roue de correction de l'appareil Hughes. La roue d'impression est en arrière de la roue des types, et ces deux organes sont solidaires, sans que leur liaison soit invariable. Elles sont, en effet, calées sur un double manchon. Celui qui porte la roue d'impression (fig. 942) est lié à l'axe par un doigt *t*, appartenant à cet arbre; à la roue est fixé un ressort *z*, dont l'extrémité s'engage dans une encoche pratiquée à la partie supérieure du doigt *t*. En cas d'arrêt brusque, la roue est dégagée et ne suit plus la rotation de l'arbre.

La roue des types, qui est supposée enlevée sur la figure, est portée par un manchon terminé par un levier à trois branches *sss*, également espacées. La plus longue branche *x* s'engage entre deux buttoirs *rs* fixés sur la roue d'impression; le ressort *u* appuie sur son extrémité et l'empêche de passer d'un buttoir à l'autre, si ce n'est sous l'action d'une force énergique. Les deux autres branches pénètrent dans des griffes *mn*, mobiles autour de vis à portée, et calées de telle sorte que l'un des renflements 14 ou 31 bouche toujours un des creux de la roue d'impression. Le creux 14, correspondant au blanc des lettres, est obstrué lorsque la tige *x* s'appuie sur le buttoir *s*, le creux 31 (blanc des chiffres), lorsque *x* repose sur le buttoir *r*. L'appareil imprime des lettres dans le premier cas, des chiffres dans le second. Ce mouvement de bascule est produit par le passage de la came B à travers le creux obstrué par la griffe.

La tige, que nous avons appelée précédemment *n*, et dont le mouvement de haut en bas produit l'impression, est représentée en pointillé en *bb* (fig. 942). En s'abaissant, cette tige

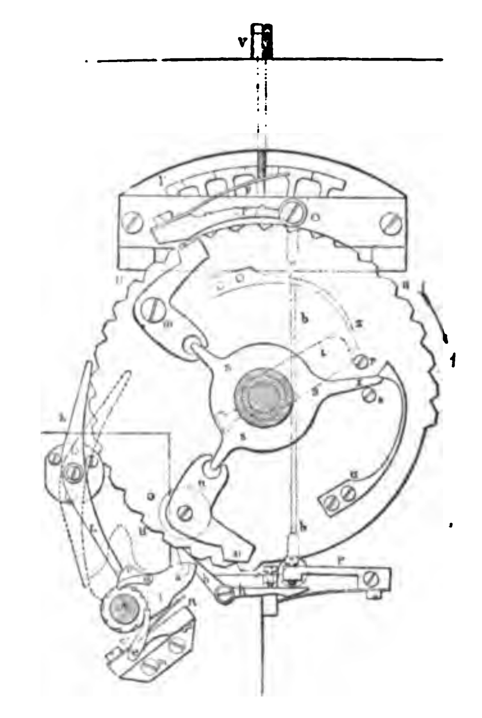


Fig. 942. — Roue d'impression.

entraîne la pièce *p*, mobile autour de la vis qui lui sert d'axe. L'extrémité de cette pièce appuie sur le levier coudé *hh*, terminé par un crochet qui maintient la came B. Ce levier bascule également et abandonne la came, qui se trouve poussée vers la gauche par le ressort R : sa pointe pénètre dans les dents de la roue d'impression H, qui l'entraîne jusqu'à ce qu'elle ait atteint la position verticale, figurée en pointillé. Dans ce mouvement, la came B entraîne le levier LL et la roue à rochet montée sur son axe A et qui lui est unie par le cliquet c. Pendant ce déplacement, le cliquet *c'* saute quelques dents du rochet. La roue d'impression, dont les dents ont abandonné la came B, continue sa rotation, et l'appareil est automatiquement remis en place par le galet G, qui repousse le levier LL et par suite fait basculer vers la droite

la came B, dont le doigt *a* est de nouveau maintenu par le crochet du levier *hh*.

Impression et progression du papier. — L'impression est produite par la rotation de gauche à droite de la came B, qui appuie le papier sur la roue des types, représentée figure 943. La

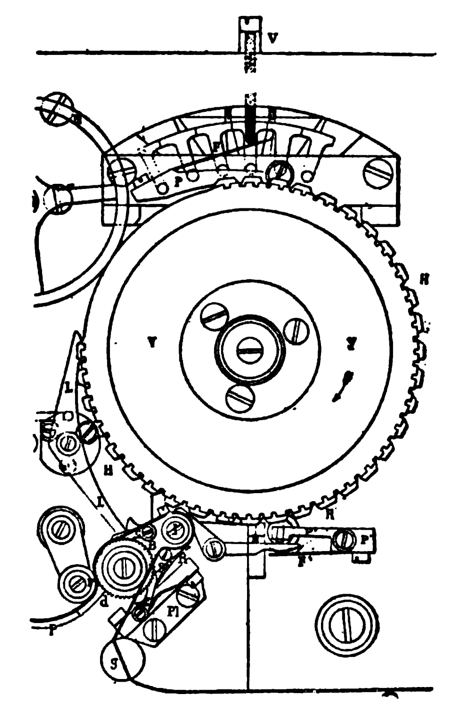


Fig. 943. — Roue des types et organes de progression du papier.

bande de papier, emmagasinée sur un rouet, passe sur les guides *gg'*, puis sur une garniture de liège maintenue horizontalement sur la pièce B par la vis I, et s'applique enfin sur le tambour *d*, solidaire du rochet décrit plus haut, et dont la surface est finement striée pour mieux entraîner la bande, qui est appuyée par le compresseur *r*. Le mouvement de droite à gauche de la pièce B produit l'impression et fait avancer le papier sur les guides *gg'*; la rotation du rochet, entraîné par le cliquet *c*, fait passer le papier entre *d* et *r* et le maintient tendu. L'encrage est produit, comme dans l'appareil Morse, par un tampon imbibé d'encre oléique et frottant sur la roue des types. Ce tampon se voit à gauche, au haut de la figure 943.

Organes accessoires. — Nous avons déjà indiqué en passant un certain nombre de ces organes. On nomme *chambre des communications* un compartiment ménagé dans la table qui porte le distributeur, et dans lequel sont placées les bornes fixées à chacun des contacts et les fils souples qui les rattachent aux diverses parties de l'appareil.

Le moteur qui met en marche le traducteur est muni d'un organe appelé *électro-frein*, qui sert à maintenir un accord suffisant entre la marche de cet appareil et celle du distributeur. Pour cela, le moteur du traducteur possède une vitesse un peu plus grande que celle du distributeur, et l'électro-frein le ralentit à chaque tour de la quantité nécessaire. C'est un électro-aimant dans lequel le distributeur envoie une fois par tour un courant local, d'intensité constante, dont la durée est réglée automatiquement par l'appareil lui-même. La communication momentanée entre le distributeur et l'électro-frein s'établit à l'aide du *fermeur de circuit*.

Appareil Baudot double. — M. Baudot a étudié, pour les lignes moins chargées, un appareil plus simple que le précédent.

Le distributeur se compose seulement de trois secteurs, deux pour la transmission, un pour la correction. Il porte cinq cercles métalliques, dont les quatre premiers sont formés de segments isolés et le cinquième d'une bande continue. Le premier communique avec les électro-aimants récepteurs, le second et le troisième avec les divers organes des manipulateurs, le quatrième avec la pile locale, et le dernier avec la ligne.

Le chariot, qui tourne dans un plan vertical, est formé de trois bras portant chacun une paire de frotteurs. La première paire s'appuie sur les cercles 1 et 2, la seconde sur les cercles 3 et 5 ; la dernière est formée de deux balais disposés à la suite l'un de l'autre et frottant sur le quatrième cercle, en laissant toujours entre eux l'intervalle d'un contact.

Électro-aimants accrocheurs. — La transmission se fait ici plus lentement qu'avec l'appareil quadruple, si le chariot tourne avec la même vitesse. Pour diminuer la fatigue de la manipulation et éviter les erreurs de transmission, M. Baudot a imaginé d'*accrocher* les trois dernières touches du manipulateur jusqu'à la fin de la transmission du signal. Pour cela, chacune de ces touches se termine par une languette de fer doux F, au-dessus de laquelle se trouve un électro-aimant boiteux N polarisé (fig. 944). Lorsque la touche est au repos, la languette F est trop loin de l'aimant pour qu'il puisse l'attirer; mais, lorsqu'on a appuyé sur cette touche, il la maintient abaissée jusqu'à ce qu'on lance dans la bobine E un courant de sens convenable

pour affaiblir l'aimantation du noyau. Ce courant est lancé automatiquement par le distributeur dès que les balais de cet organe ont passé sur le contact relié à la touche considérée.

Régulateur de vitesse. — M. Baudot a aussi combiné pour l'appareil double un régulateur de vitesse moins encombrant que celui décrit plus haut, et qui du reste est souvent appliqué

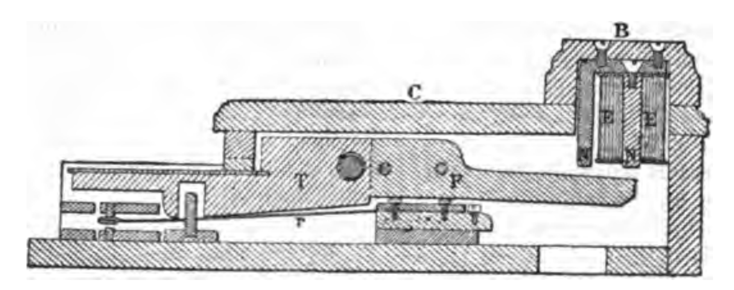


Fig. 944. — Manipulateur Baudot avec électro-aimants accrocheurs.

à l'appareil quadruple. Cet organe est formé d'une masse métallique M (fig. 945), tournant autour de l'axe H, dans une boîte cylindrique fermée par deux platines parallèles *pp*, *p'p'*. Cette masse est traversée par deux guides *tt*, *t't'*, et soutenue par deux forts ressorts *bb'*, fixés par l'autre extrémité; elle porte deux ressorts *ff*, dont les extrémités libres, entourées de filasse, s'appuient sur les platines *pp*, *p'p'*. Quand la vitesse augmente, la masse M s'écarte

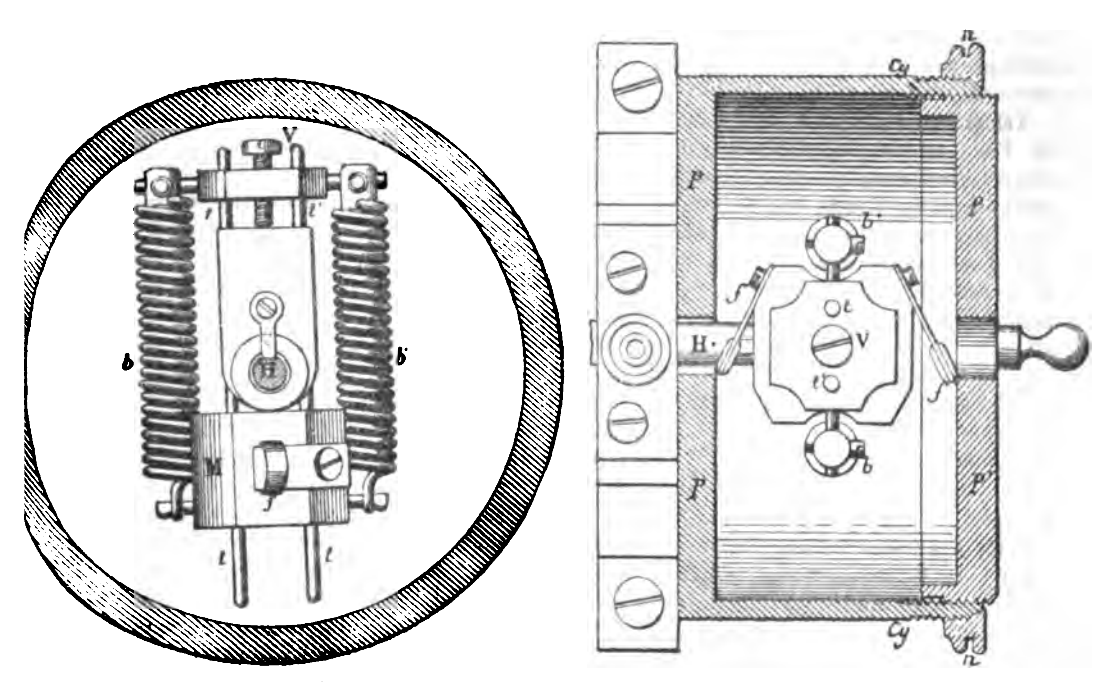


Fig. 945. — Régulateur de vitesse (élévation et plan).

de plus en plus de l'axe H, à cause de la force centrifuge; les ressorts *ff* décrivent sur les platines des cercles de plus en plus grands, et l'augmentation de frottement qui en résulte ne tarde pas à rendre le mouvement uniforme. Le réglage se fait en tendant plus ou moins les ressorts *bb'* à l'aide de la vis V, et en vissant plus ou moins la platine *p'p'*; le collier *n* sert à l'immobiliser ensuite.

Rendement. — L'appareil double donne un rendement de 3 300 mots à l'heure. Il est employé en France sur les lignes qui relient Paris aux villes de Caen, Clermont et Nantes, entre Marseille et Nice, Marseille et Bordeaux, Bor-

deaux et Toulouse. Dans le service international, il fontionne entre Paris et Rome, avec relais à Turin.

Dans l'appareil quadruple, la vitesse de rotation du distributeur est d'environ 165 tours par minute, ce qui donne 1 500 mots par heure et par récepteur, soit 6 000 mots pour un appareil quadruple. Cet appareil est employé entre Paris et les villes de Bordeaux, Brest, le Havre, Lille, Lyon, Marseille, Toulouse.

Télégraphe multiple Delany. — M. Delany a construit en 1886 un télégraphe multiple qui est muni, comme le précédent, d'un distributeur circulaire. Ce distributeur est mis en marche par un système analogue à la roue phonique décrite plus haut (Voy. STÉNO-TÉLÉGRAPHIE). Les courants de ligne arrivent à des relais qui actionnent des récepteurs composés, selon l'usage américain, de simples parleurs. On fait usage de manipulateurs ordinaires.

Le distributeur met l'appareil à la terre entre chaque secteur pour décharger la ligne. Le synchronisme, qui est maintenu par des courants de correction, est excellent. L'appareil sextuple fait 3 tours et donne 257 contacts par seconde.

Télégraphe sextuple Field. — Le système de M. Field repose sur ce fait que des courants d'espèce différente peuvent circuler ensemble dans un même fil sans se gêner et se répartir à l'arrivée dans des récepteurs appropriés à chacun d'eux. M. Field lance donc dans le fil : 1° un courant continu, d'intensité variable, qui actionne un relais ordinaire; 2° un courant alternatif qui agit sur un relais polarisé; 3° un courant à ondulations rapides, qui actionne un téléphone. Chaque appareil fonctionne en duplex : on peut donc envoyer six dépêches simultanées.

Les courants sont fournis par deux petites dynamos.

Télégraphe harmonique Gray. — Le télégraphe de M. Élisha Gray, imaginé en 1874, repose sur le principe suivant. Supposons au poste de réception un certain nombre d'électro-aimants, disposés en série, et ayant pour armatures un nombre égal de tiges d'acier, pouvant rendre des sons bien différents, au poste de départ une pile divisée en autant de tronçons qu'il y a d'électros. Sur chaque fraction de la pile on place une dérivation, contenant une lame vibrante et une vis de contact qu'elle vient frapper à chaque vibration, la dérivation se trouvant interrompue entre la vis et la lame, lorsque celle-ci est immobile. Supposons de

plus que chacune des lam[illegible]
mouvement est entretenu [illegible]
respectivement le même [illegible]
que l'armature de l'un des [illegible]
produit dans le courant [illegible]
pides : chaque récepteur [illegible]
à l'arrivée les ondulations [illegible]
et les armatures se met[illegible]
arrête une des lames, l'arm[illegible]
revient au repos. A l'aide [illegible]
tes et longues, on peut fa[illegible]
bet Morse et transmettre [illegible]
qu'il y a de lames vibran[illegible]

En Amérique, on emplo[illegible]
tain nombre de lignes [illegible]
système de ce genre fon[illegible]

On trouvera à l'article [illegible]
des appareils télégraphiq[illegible]
usages spéciaux (télégra[illegible]
marine, etc.) et ce qui co[illegible]
des postes.

TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQU[illegible]
truire les télégraphes ou [illegible]
communiquer à distance. L[illegible]
pareils précédents varie [illegible]
dans lesquelles on veut les [illegible]
même peut être modifiée s[illegible]
on les destine.

Installation d'un poste télé[illegible]
poste télégraphique contient [illegible]
pulateur, un récepteur, une [illegible]
nombre d'appareils accesso[illegible]
surer l'exploitation. Une [illegible]
(Voy. ce mot) avertit l'em[illegible]
poste désire correspondre [illegible]
nerie n'est pas montée [illegible]
récepteur, mais elle est pla[illegible]
tion spéciale, afin qu'on puis[illegible]
a été entendu, la mettre hors [illegible]
réception. Un commutateur [illegible]
fermer ces deux circuits, [illegible]
le poste sur sonnerie ou sur [illegible]

Un petit galvanomètre p[illegible]
de visu le passage du courant [illegible]
férents appareils du poste [illegible]
tater et de rechercher les [illegible]
emploie pour cela de petits [illegible]
Les uns sont verticaux (fi[illegible]
plat et circulaire est suspendu [illegible]
de balance dans l'intérieur [illegible]
même forme; il porte un [illegible]
déplace devant un cadran [illegible]

D'autres modèles sont hor[illegible]
une aiguille aimantée horiz[illegible]

repose sur un pivot au centre d'un
: vertical; un cadran horizontal
viation.
paratonnerre (Voy. ce mot) pré-
.reils des accidents que pourraient
es orages.
ils doivent être disposés de ma-
communication entre deux postes
ı seul fil. Nous allons donner quel-
ɜs de l'installation d'un poste avec

les divers systèmes d'appareils télégraph

La figure 948 montre le plan d'un Morse. La pile est mise à la terre par soı négatif, et communique par le pôle positi la borne *pile* du manipulateur. La borne *tion* de celui-ci est reliée à la borne récepteur, dont l'autre borne est à la Enfin, de la borne *ligne* du manipulateuı un fil qui se rend à un commutateur roı bavarois C, puis se bifurque : l'une des bra va à la sonnerie S, et de là au sol; l'autrı verse un paratonnerre à fil fin P*f*, pui paratonnerre à pointes P*p*, et se rend enfiı ligne.

Le rouet I emmagasine les bandes de pı qui ont servi ; on remet ensuite ces bandı rouleaux; on les cachète, on inscrit su pourtour le numéro du fil, l'indication du p le jour et l'heure de la mise en service et ı clôture, et la signature de l'employé qu terminé. Ces rouleaux sont conservés dans archives, pour faciliter les recherches.

Quand on transmet, le courant suit le min MCG, P*f*, P*p* et la ligne. L que le poste est attaqué, le cou de ligne arrive par P*p*, P*f*, GC va à la terre; on tourne aloı commutateur, et, à partir d moment, le courant suit la d tion CMR et se rend au sol.

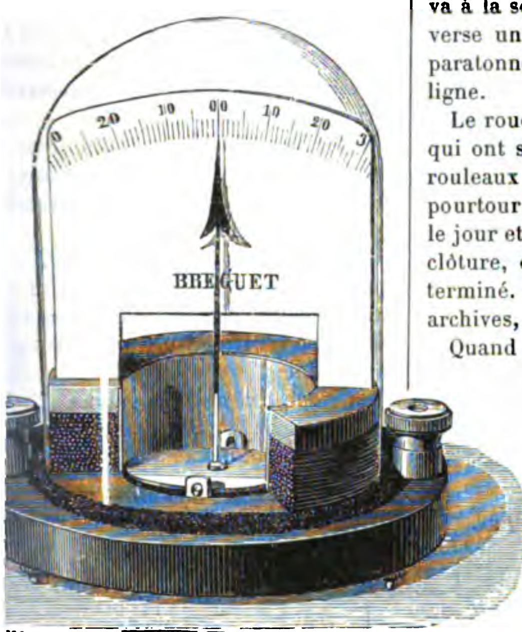


Fig. 946. — Galvanomètre télégraphique vertical.

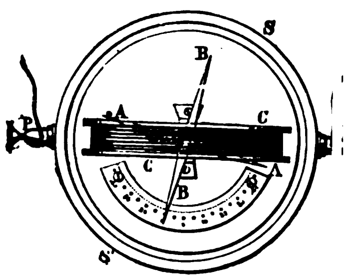


Fig. 947. — Boussole télégraphique horiz

ɔosition qui précède est celle d'un :ème; celle des postes intermédiaires u différente. Ce poste peut être embro- ,a ligne, mais on préfère ordinaire- nettre en dérivation.

ɜs postes embrochés, la borne T du ré- ɔommunique avec la seconde section ne par l'intermédiaire d'un paraton- n général, tous les récepteurs fonc- en même temps, sauf celui du poste smet. Pour simplifier le réglage, il d'employer à tous les postes des ré- cepteurs de même résistance, ainsi que des de même nature et en nombre égal.

Courant continu. — Le système du coı continu est très employé en Amérique ı Allemagne; on ne l'emploie en France que les usages militaires. Il consiste à faire p dans la ligne un courant permanent : le qui veut transmettre interrompt ce cou puis le rétablit en manipulant. On a l'avaı qu'une seule pile suffit pour les deux po mais elle s'épuise très rapidement.

La transmission par courant continu ı

site les changements suivants dans les communications. Au poste qui contient la pile, le fil de ligne est relié à la borne T du récepteur, les bornes *ligne* et *réception* du manipulateur sont

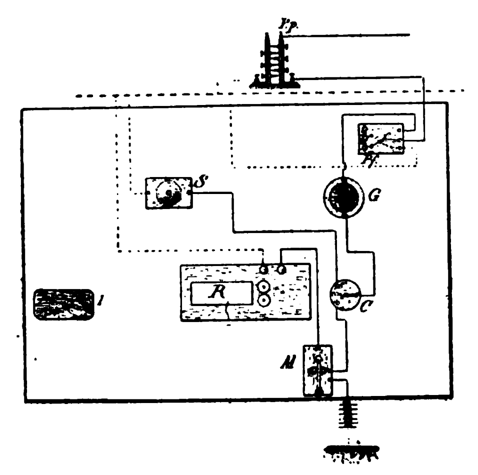


Fig. 948. — Poste télégraphique Morse.

réunies par un fil volant. Au poste dépourvu de pile, la ligne arrive à la borne *pile* du manipulateur, dont les deux autres bornes sont reliées comme dans l'autre poste. De plus, les vis de réglage des manipulateurs sont toujours serrées à fond, pour établir la continuité du circuit. Le poste qui veut transmettre desserre la vis de son manipulateur pour ouvrir le circuit, puis il transmet comme d'ordinaire. L'opération terminée, la vis de réglage est serrée de nouveau. Il est évident que les deux récepteurs fonctionnent à la fois, ce qui fournit un moyen de contrôle.

Les rappels (Voy. ce mot) permettent d'attaquer à volonté deux postes différents à l'aide d'un même fil. Les relais (Voy. ce mot) permettent de transmettre à une plus grande distance; les relais peuvent aussi être montés en translation (Voy. ce mot).

Les dispositions qui précèdent s'appliquent aussi bien au télégraphe à cadran; nous avons indiqué, en décrivant cet appareil, le rôle des différentes bornes.

Poste Wheatstone automatique. — Ce poste comprend comme accessoires une sonnerie, un galvanomètre, une résistance additionnelle ou de compensation et un paratonnerre à bobine sans pointes.

La ligne arrive à la borne L du paratonnerre *p* (fig. 948), passe par la borne A au galvanomètre *g* et de là à la borne L' du transmet-

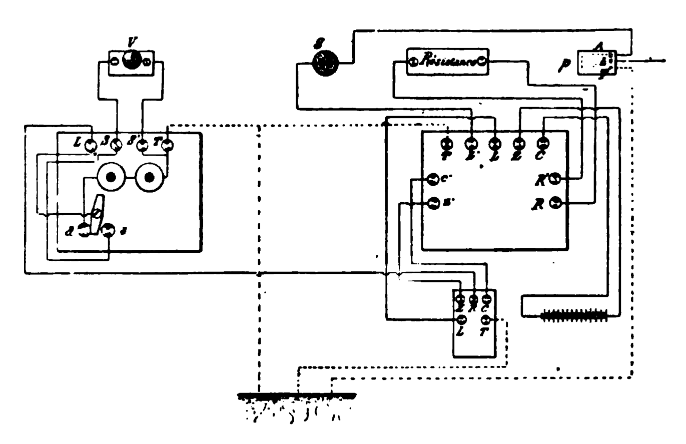


Fig. 949. — Installation d'un poste Wheatstone.

teur. Celui-ci est relié à la résistance par les bornes RR', à la pile par les bornes CZ, au manipulateur par les bornes L, C', Z', qui communiquent respectivement avec les bornes L, C, Z de ce dernier. Le manipulateur à son tour est en rapport par sa borne R avec la borne L du récepteur, relié lui-même à la sonnerie V par les bornes SS'. Enfin, les bornes T du manipulateur, du récepteur, du transmetteur et du paratonnerre sont reliées au sol.

Lorsque le transmetteur est ouvert, le manipulateur et le récepteur se trouvent hors circuit, et la pile est mise en rapport avec la ligne par les organes du transmetteur. Lorsqu'il est fermé, la pile communique avec les bornes CZ du manipulateur.

Dans la transmission automatique, les courants passent par L'*gp* et la ligne. Quand on manipule à la main, le courant va de la borne L du manipulateur à la borne L du trans-

metteur et prend ensuite le même chemin.

Le récepteur est sur sonnerie quand son mouvement est arrêté. En le mettant en marche, on appuie la manette du commutateur sur la borne *a* : la sonnerie est isolée, et la borne L en communication avec les bobines de l'électro-aimant. Le courant de ligne passe par *pg*, L' et L du transmetteur, L et R du manipulateur, L du récepteur, *a*, l'électro-aimant et la terre.

Poste du télégraphe Hughes. — L'appareil Hughes est muni de trois bornes, P, L, T. La première communique avec la vis de contact *a*, la seconde avec le plot *c*, la troisième avec la manette M de l'interrupteur, la lame 2 du commutateur et l'axe du levier d'échappement *l*. La vis *b* communique avec le contact *m* de la manette, avec le support de la palette, le ressort interrupteur *d*, sur lequel s'appuie la came de correction, et avec la lame 4 du commutateur ; la lame 1 de celui-ci est en rapport avec l'entrée du fil des bobines, la lame 3 avec la sortie.

Des deux postes qui correspondent, l'un A emploie des courants positifs, l'autre B des courants négatifs (fig. 950).

Lorsque B transmet, la lèvre du chariot en se soulevant fait basculer le levier *e'f'* et met le ressort *f'* en contact avec la vis *a'*. Le courant de P' passe sur la ligne par *f'c'*L'. En même temps, la tige *g'* fait déclencher le levier d'échappement *l'*, et produit l'impression de contrôle.

Au poste A, le courant suit L*cfbd*, les lames 4 et 1 du commutateur, l'électro-aimant, les lames 3 et 2, la borne T et la terre. La palette se soulève, et met en jeu le mécanisme imprimeur. Aussitôt que le levier d'échappement est déclenché, la came de correction abandonne le

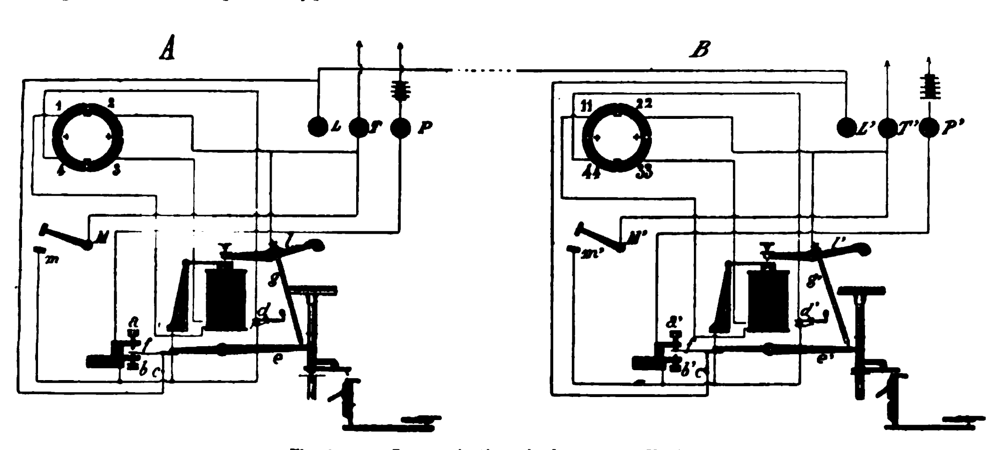


Fig. 950. — Communications de deux postes Hughes.

ressort *d*; le circuit se trouve rompu en *d* et le courant, abandonnant les bobines, passe entièrement par la dérivation qui comprend la vis *b*, le support de la palette soulevée, le levier d'échappement et la borne T.

Lorsque c'est A qui transmet, les courants émis suivent une marche analogue. (Montillot, *La Télégraphie actuelle.*)

Pour les télégraphes multiples, tels que celui de Baudot, l'ensemble des communications devient extrêmement compliqué, et nous nous bornerons aux indications contenues dans l'article précédent.

Pour ce qui concerne l'installation des lignes, on trouvera les détails nécessaires aux mots Cable, Conducteur, Fil et Ligne.

Télégraphie domestique. — En réalité, les télégraphes ont été remplacés aujourd'hui dans les usages domestiques par les sonneries et les téléphones. Si l'on veut cependant faire usage de télégraphes, on emploie des postes Morse ou des appareils à cadran, soit les modèles de l'Administration, soit d'autres un peu plus petits et un peu plus simples, fabriqués spécialement pour ces applications. La composition des postes et les communications sont telles que nous l'avons indiqué plus haut.

Télégraphie municipale ou de quartier. — On emploie dans certaines villes des appareils télégraphiques simplifiés, donnant seulement des indications peu nombreuses, mais d'un usage fréquent : ces appareils servent notamment à appeler les pompiers ou les agents de police lorsque c'est nécessaire. Nous avons décrit à l'article Avertisseur des appareils de ce genre.

En Amérique, on a employé, surtout avant l'invention du téléphone, des appareils formés d'une petite boîte ronde dont le cadran porte les

indications utiles : médecin, pompiers, police, voiture, etc. Une aiguille peut tourner sur ce cadran. Pour appeler, on appuie d'abord sur un levier, qui fait tinter la sonnerie du poste de secours; on est averti par une sonnerie que l'appel a été entendu. On tourne alors l'aiguille pour la placer sur l'indication convenable. Le récepteur peut être analogue à celui du télégraphe Bréguet : son aiguille suit alors les mouvements de celle du manipulateur. Le manipulateur peut aussi contenir une roue dentée tournant sous l'action d'un mécanisme d'horlogerie : les dents frottent successivement sur un ressort, et chacun des contacts lance un courant, qui, au poste d'arrivée, fait tracer un trait sur une bande de papier. On peut disposer les dents de manière à obtenir une combinaison déterminée de traits, qui indique le lieu d'origine et l'inscription sur laquelle s'est arrêtée l'aiguille du manipulateur. Chaque poste de police est ainsi relié à un certain nombre de postes de quartier.

Télégraphie pneumatique. — Dans les villes importantes, où les lignes sont très encombrées, on a adjoint aux télégraphes électriques des appareils pneumatiques permettant d'expédier un grand nombre de dépêches à la fois. Ce système a été appliqué à Londres en 1858, à Paris et à Berlin en 1866. Un grand nombre de dépêches sont mises en même temps dans un piston creux, placé dans un long tube qui relie les deux postes. On fait le vide devant ce piston et l'on introduit de l'air comprimé en arrière pour le faire avancer. En réalité, ce système relève plutôt de la poste que des télégraphes, puisqu'il expédie aux destinataires les originaux mêmes des dépêches; comme, d'autre part, il n'emprunte rien à l'électricité, nous n'insisterons pas davantage.

Télégraphie urbaine et interurbaine. — L'application la plus importante des télégraphes consiste à relier ensemble les quartiers des grandes villes et surtout les différentes villes d'une même contrée ou même de contrées différentes.

L'ensemble des communications d'une même contrée constitue un réseau. Théoriquement, chaque poste d'un réseau devrait être relié directement à tous les autres postes : une dépêche quelconque n'exigerait alors qu'une seule transmission. Mais les fils deviendraient ainsi extrêmement nombreux, leur installation et leur entretien seraient très coûteux : on a donc dû se borner à relier les postes les moins importants aux stations principales, d'après des règles déterminées, qu'on trouvera à l'article RÉSEAU. Malgré cette restriction, le réseau français, qui était formé en 1851 de 2 000 kilomètres de fils, en comprend aujourd'hui plus de 223 300 kilomètres, desservant plus de 7 000 bureaux.

Dans les grandes capitales, les dépêches sont d'abord concentrées dans un bureau central, d'où on les expédie ensuite en province ou à l'étranger; réciproquement, les dépêches venant de province ou de l'étranger arrivent au bureau central, qui les répartit entre les divers quartiers.

A Paris, le bureau central est situé rue de Grenelle, et se compose d'un sous-sol, d'un rez-de-chaussée et d'un premier étage. Le sous-sol renferme les piles, composées d'environ 8 000 éléments Callaud, les turbines Humblot, qui commandent les distributeurs Meyer et Baudot, et les dynamos servant à l'éclairage du local. Le service spécial de Paris occupe à lui seul 200 piles, formant 12 groupes de 15 éléments en surface; ces groupes sont réunis en tension entre eux et avec 20 éléments supplémentaires. Les grandes lignes exigent 6 groupes d'éléments disposés par 3, 5 ou 6 en quantité et 80 ou 90 en tension. Les appareils automatiques Wheatstone demandent 70 couples, les Baudot multiples deux piles de ligne de 100 éléments chacune et 200 autres couples pour les piles locales.

Le rez-de-chaussée comprend les bureaux, magasins, vestiaires, etc. L'entresol renferme une grande salle où se trouvent 196 Morse et 30 Hughes pour le service de Paris, de la banlieue et de certaines parties de la province. Ces appareils sont manœuvrés par des femmes.

Enfin le premier étage se compose d'une grande salle contenant les appareils Hughes, un Meyer quadruple, un Wheatstone automatique relié directement avec Fredericia (Danemark, 277 kilomètres), avec relais à Calais. A l'extrémité de cette salle se trouvent les rosaces (Voy. TÉLÉPHONIE) des fils de ligne et de pile, les appareils de mesures pour la recherche des dérangements, etc.

Les ponts de Wheatstone sont dans une salle particulière.

Les figures 951 et 952 représentent, d'après des photographies, l'intérieur de deux des grandes salles du poste central de Paris. Sur la première, on voit les appareils Hughes spécialement affectés au service de la presse et aux relations avec l'étranger. La seconde montre des appareils Hughes et des appareils multiples de Baudot qui sont en communication avec les différentes villes de provinces. On voit auprès

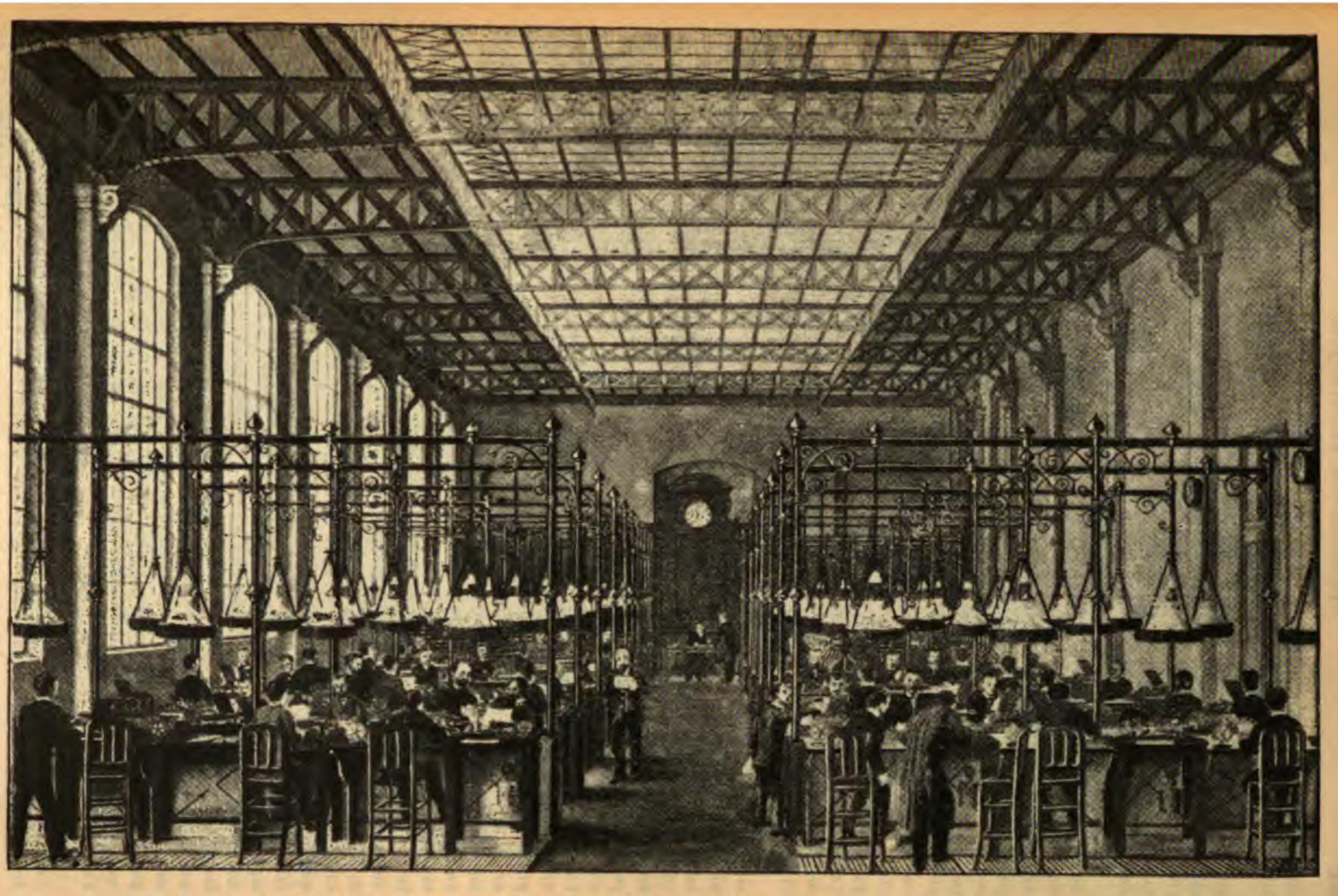


Fig. 951. — Bureau central de Paris. Salle des appareils Hughes, service de la presse et de l'étranger (d'après une photographie communiquée par M. Schiltz).

de chaque appareil une pancarte indiquant la ville à laquelle il est relié.

Une autre salle, semblable aux deux premières, renferme des Hughes et des Morse manœuvrés par des dames; ces appareils reçoivent un certain nombre de fils de province, mais ils sont principalement destinés au service de Paris et de la banlieue.

Télégraphie sous-marine. — Sur les lignes sous-marines de faible longueur, la transmission ne présente pas de difficultés spéciales. Ainsi, sur le câble de Calais à Douvres, les appareils Morse donnaient à l'origine le même rendement que sur le réseau intérieur. Les premiers appareils Hughes, essayés sur cette ligne, étant plus sensibles, donnèrent des phénomènes de charge et de décharge et ne purent être employés. On a donc dû modifier leurs organes, mais l'appareil nouveau, tel que nous l'avons décrit à l'article précédent, fonctionne maintenant très régulièrement entre la France et l'Angleterre.

Sur les câbles transatlantiques, la question est rendue plus compliquée par la nature du câble, qui se comporte comme un condensateur, le collecteur étant représenté par l'âme conductrice, le condenseur par l'armature de fer, et la lame isolante par l'enveloppe de gutta-percha. Un courant lancé dans le câble charge d'abord ce condensateur avant d'arriver jusqu'à l'extrémité. Il faut donc, pour envoyer un signal, un temps variable non seulement avec la longueur et la résistance du câble, mais encore avec sa capacité électrostatique par mille marin. Dans ces conditions, l'arrivée du courant au récepteur et son extinction ne sont pas instantanées : le courant se manifeste avec une intensité qui est d'abord extrêmement faible, augmente ensuite lentement, passe par un maximum et décroît enfin peu à peu jusqu'à zéro. Chaque récepteur ne peut d'ailleurs fonctionner que pour une certaine intensité, d'autant plus faible qu'il est plus sensible. Il résulte de là qu'un signal pourra commencer avant que le précédent soit terminé, et la confusion sera généralement plus grande pour les appareils les plus sensibles. Pour corriger cette lenteur, on fait suivre ordinairement chaque émission principale d'une émission de compensation, plus courte et de sens contraire, destinée à ramener l'appareil au zéro.

La transmission est souvent troublée par des courants naturels d'origine peu connue. M. Varley a imaginé, pour faire disparaître cet inconvénient, de placer un condensateur à l'une des extrémités de la ligne, ou même un à chaque bout.

Pour diminuer les effets de la condensation, on a songé à faire usage de courants faibles, mais il a fallu alors recourir à des récepteurs très sensibles. On a employé d'abord un galvanomètre à réflexion de W. Thompson; l'aiguille, formée d'un ou de plusieurs petits morceaux de tôle aimantée, est collée derrière un petit miroir concave; on observait les déviations de l'image lumineuse projetée sur une règle divisée (Voy. MÉTHODE DU MIROIR). Le point de l'alphabet Morse était représenté par une déviation d'un certain sens, le trait par une déviation plus grande et de même sens. Le manipulateur était une clef de Morse. Ce système fut appliqué sur le câble transatlantique de 1858.

Avec cette méthode, il était nécessaire de laisser l'aiguille revenir exactement au zéro après chaque signal, afin de pouvoir distinguer les traits des points. Steinhell a imaginé d'employer des émissions positives pour les points et négatives pour les traits. De cette manière, on ne tient compte que du sens des déviations, et non de leur grandeur; il n'est donc pas besoin de laisser l'aiguille revenir complètement au zéro, et, le trait n'exigeant pas plus de temps que le point, le rendement se trouve augmenté. Le manipulateur est une clef à deux leviers, analogue aux appareils Estienne ou Hérodote, qui permet, en abaissant l'un ou l'autre, d'envoyer des courants positifs ou négatifs. Cette méthode fut appliquée sur le câble transatlantique de 1866.

Siphon-recorder. — La méthode de Thomson et celle de Steinhell rendent la réception très pénible, l'employé devant suivre constamment des yeux le déplacement de l'image lumineuse ou *spot*. Sir W. Thomson a évité cet inconvénient en enregistrant les déviations de l'aiguille : l'appareil ainsi transformé porte le nom de *siphon-recorder* (Voy. ce mot), et donne un rendement de vingt-cinq mots par minute.

Manipulateur automatique de M. Maiche. — M. Maiche a imaginé, en 1886, un appareil de transmission destiné à faire disparaître le principal inconvénient que présentent actuellement les systèmes télégraphiques sous-marins.

Par suite de la capacité électro-statique des câbles, les signaux donnés par le siphon recorder ne sont pas aussi lisibles qu'on pourrait le désirer. Supposons, en effet, l'envoi d'une lettre formée par quatre émissions successives d'un courant de même sens, H par exemple. La première émission fera dévier le siphon d'une certaine quantité, la deuxième un peu

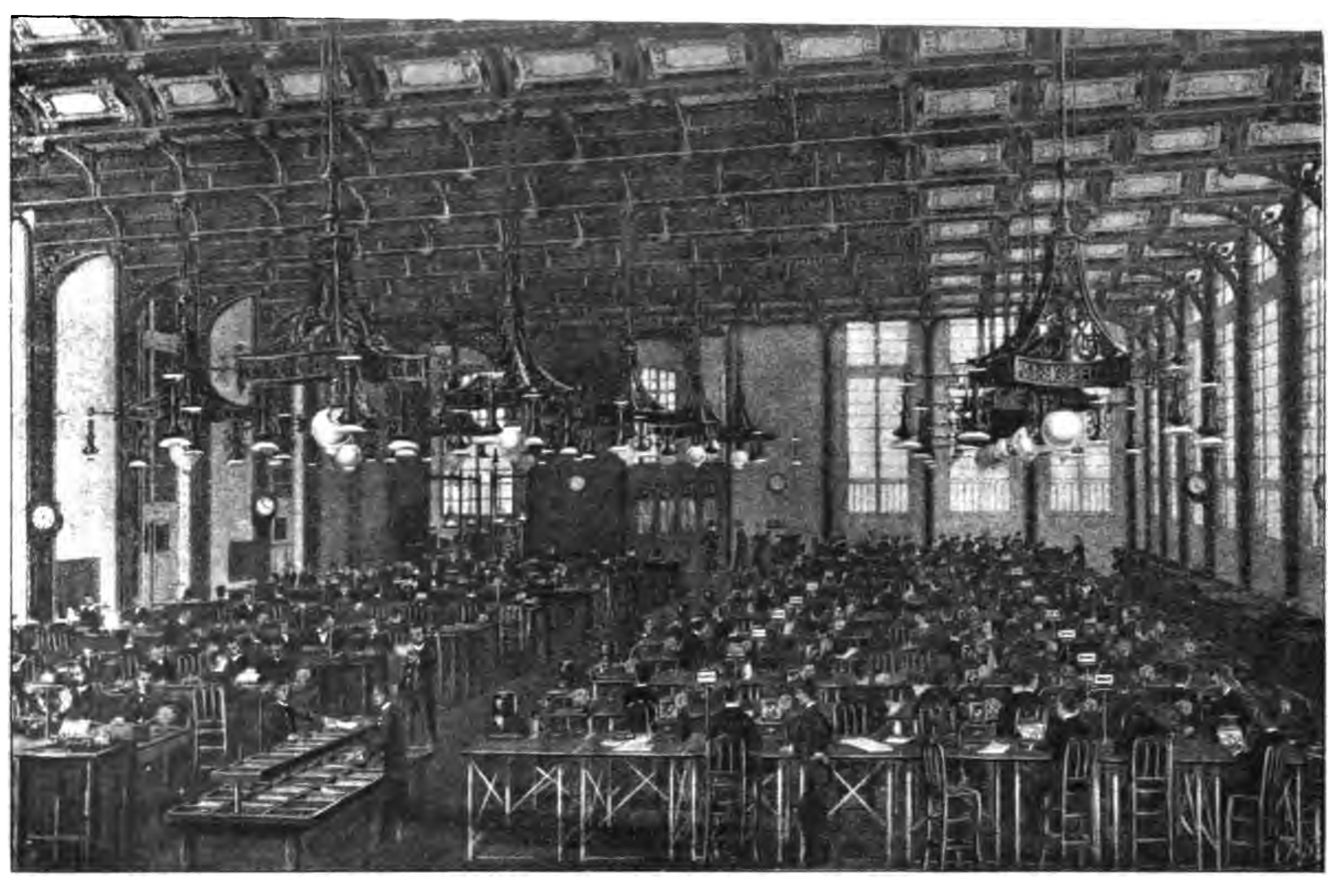


Fig. 952. — Bureau central de Paris. Salle des appareils Hughes et des appareils Baudot, service de la province (d'après une photographie communiquée par M. Schiltz).

plus et ainsi de suite; mais, dans l'intervalle de deux émissions, l'extrémité du siphon ne revient pas à la ligne médiane, considérée comme le zéro de l'appareil. Il en résulte qu'un courant de sens contraire, au lieu de faire passer le siphon de l'autre côté du zéro, ne suffit même pas toujours pour l'y ramener, ce qui rend difficile l'interprétation des signaux. M. Varley avait déjà essayé de remédier à cet inconvénient; puis MM. Thomson et Jenkin imaginèrent dans le même but un appareil décrit dans le *Journal de la Société des Télégraphes*. Enfin, M. Maiche a proposé d'intercaler entre le manipulateur ordinaire et le câble un manipulateur automatique de son invention.

Cet appareil (fig. 953) se compose essentiellement d'un mouvement d'horlogerie dont la vitesse de déroulement est parfaitement réglée; l'axe du dernier mobile porte deux excentriques métalliques disposés sur l'axe à frottement doux. Un déclenchement électrique composé d'un électro-aimant et d'une armature à levier correspond à chaque excentrique et permet de l'arrêter ou de le laisser tourner. Chacun des électros est relié à l'une des lames d'un manipulateur inverseur ordinaire.

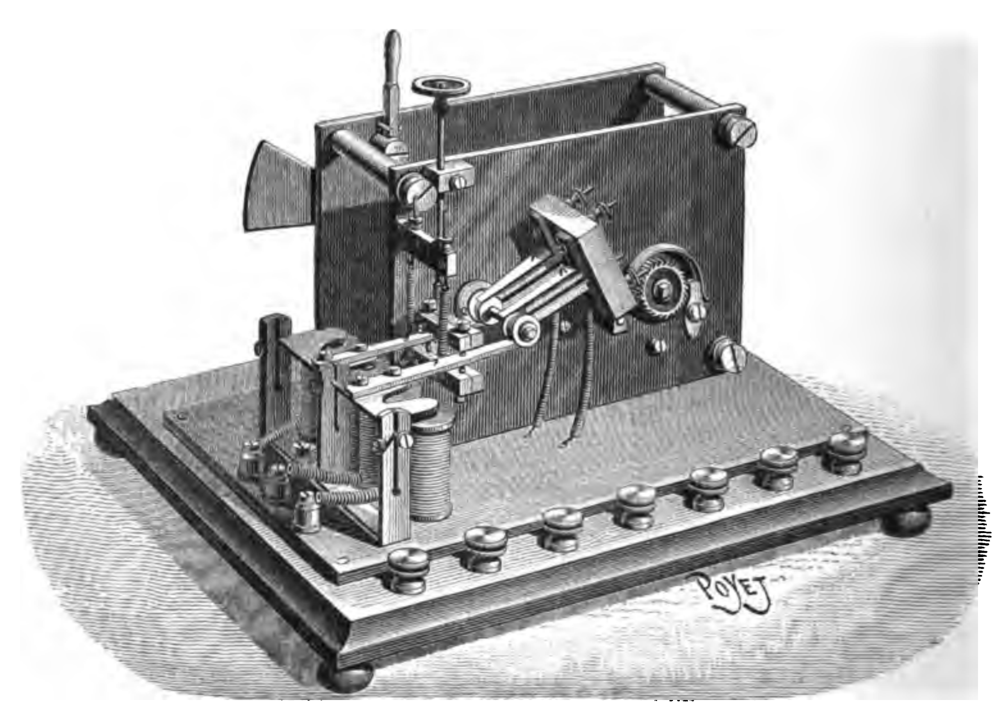


Fig. 953. — Manipulateur Maiche.

Chaque émission de courant venant du manipulateur détermine le déclenchement de l'un ou de l'autre des excentriques, lesquels correspondent respectivement au passage à droite ou au passage à gauche du siphon recorder, c'est-à-dire aux signaux qui représentent les traits et les points de l'alphabet Morse.

On obtient ainsi, soit dans un sens, soit dans l'autre, des émissions de courant qui ont toujours la même durée.

Au-dessus et au-dessous de chaque excentrique se trouvent deux lames de ressorts communiquant chacune avec l'un des pôles de la pile; il en résulte qu'à chaque tour de l'excentrique, deux courants de sens inverse sont envoyés sur la ligne : le premier est le courant de transmission, l'autre le courant de neutralisation de la charge : celui-ci est toujours d'une durée un peu moindre que le premier. Cette disposition laisse constamment la ligne à l'état neutre entre chaque signal, quelle que soit la rapidité de la transmission.

Le système des quatre ressorts de contact est réglable, soit isolément pour chaque lame, soit, pour l'ensemble, au moyen d'une vis unicrométrique permettant le réglage même en marche. Les signaux transmis sont reçus avec une régularité qui se rapproche beaucoup de celle que

l'on peut obtenir en local, et la lecture en devient aussi peu pénible que celle d'une bande Morse ordinaire.

Ce manipulateur automatique a été longuement expérimenté sur les câbles de la *Commercial Cable Company*, entre le Havre, Waterville et New-York, et son usage aurait permis de transmettre, soit en simplex, soit en duplex, avec une vitesse double de celle qu'on atteint sans son secours. La figure 954 représente la vue perspective de l'appareil et en fait suffisamment comprendre les dispositions. (Communiqué par M. Maiche.)

Autres appareils sous-marins. — Un certain nombre d'inventeurs ont modifié les appareils télégraphiques dans le but de les approprier aux lignes sous-marines : tels sont les télégraphes de M. Estienne et de M. Hérodote, décrits plus haut, qui dérivent du Morse. M. Ailhaud, puis M. Mandroux ont modifié le récepteur Hughes pour obtenir une décharge complète après chaque émission. Ces derniers appareils ont été essayés avec succès entre Marseille et Alger.

M. Ebel a construit aussi un enregistreur, dans lequel une armature composée, très légère, met, pendant le passage du courant, une bande de papier mobile en contact avec un galet constamment garni d'encre, et qui produit des signaux Morse. L'armature peut aussi porter, si on le préfère, un siphon analogue à celui de sir W. Thomson, et enregistrant des signaux de même nature.

Dans l'appareil Chameroy, les mouvements de l'aiguille aimantée font déplacer une image lumineuse sur un papier photographique mobile.

Enfin M. Maiche fait tomber la lumière réfléchie par le miroir d'un galvanomètre Thomson sur les palettes d'un radiomètre, qui tourne plus ou moins vite. La rotation est utilisée pour fermer un circuit local contenant un récepteur.

Télégraphie commerciale. — En Angleterre et aux États-Unis, on a songé à établir dans les villes importantes des réseaux particuliers servant à transmettre les cours de la Bourse aux abonnés. Aux États-Unis, la télégraphie commerciale a pris une grande extension : il existe de grandes compagnies s'occupant exclusivement de cette application.

L'appareil Wiley, destiné à cet usage, est muni d'une série de roues des types montées sur un même arbre, et dont chacune est réservée à l'impression des cours d'une valeur spéciale. L'impression se fait sur une large bande, où les cotes de chaque valeur apparaissent, à la fin de la séance, en longues colonnes juxtaposées avec les noms des valeurs en tête. Des services analogues peuvent être affectés à la presse, aux courses, etc. On peut aussi faire usage de la sténo-télégraphie ou du téléphone.

Un système analogue, établi en 1874 par M. de Piccioto, a fonctionné à Paris pendant dix ans ; il s'est arrêté en 1884, l'administration ayant refusé de renouveler le contrat aux mêmes conditions.

Télégraphie des chemins de fer. — Dès l'origine, les compagnies de chemins de fer ont appliqué le télégraphe aux divers besoins de l'exploitation et notamment à la protection des trains. Avant l'emploi du télégraphe, lorsqu'un train avait acquis un retard déterminé, les locomotives de secours de toutes les gares qu'il aurait dû traverser devaient se mettre à sa recherche.

Le télégraphe permet de savoir immédiatement entre quelles stations il se trouve, quel est son retard, et, grâce aux postes de secours, les trains en détresse peuvent avertir rapidement les gares voisines. Ce n'est là qu'un exemple des nombreux services rendus par le télégraphe dans l'exploitation des chemins de fer.

Toutes les stations possèdent un poste télégraphique, desservi par les employés ordinaires dans les petites gares, par des employés spéciaux dans les grandes. Toutes les stations sont reliées par un fil appelé *fil omnibus ;* en outre, un *fil direct* relie seulement les grandes gares. Sur les grandes lignes, on ajoute souvent un *fil semi-direct*, passant par les gares de moyenne importance. Pendant longtemps les postes de chemins de fer étaient composés d'appareils Bréguet, plus faciles à lire. Sur l'exemple des compagnies du Nord et de l'Est, on a généralement adopté maintenant le Morse, afin de conserver la trace écrite des dépêches et de déterminer plus facilement les responsabilités en cas d'accident.

Sur les lignes à voie unique, on s'assure généralement par télégraphe, avant de laisser partir un train, que la voie est libre jusqu'à la prochaine station, et l'on avertit ainsi le chef de cette station, qui ne laisse aucun train s'engager en sens contraire.

En Amérique, le rôle du télégraphe est encore bien plus important. La ligne est divisée en sections, longues de 100 à 200 kilomètres. Un agent télégraphique spécial, nommé *dispatcher*, installé à la gare la plus importante de la section, concentre tous les renseignements télégraphiques sur la marche des trains et lance tous les ordres nécessaires à leur sécurité. Tous les récepteurs de la section sont montés en

série. Le dispatcher transmet le nom de la gare à laquelle il s'adresse; celle-ci répond, et il envoie alors la dépêche, qui n'est pas lue par les autres gares.

Outre les postes télégraphiques des stations, les compagnies de chemins de fer emploient aussi des postes auxiliaires de secours, qui peuvent être installés en divers points de la voie ou même placés sur les trains, et qui servent à prévenir les gares voisines en cas d'accident.

M. de Baillehache a proposé l'emploi d'un système fort simple, dont on trouvera la description à l'article RAIL ISOLÉ.

La compagnie du Nord place les postes de secours dans les maisons de garde-ligne, de façon que le conducteur d'un train en détresse ait à faire au plus deux kilomètres pour en trouver un. Le sens dans lequel il faut marcher pour arriver au poste le plus voisin est indiqué par des flèches, généralement placées sur les poteaux télégraphiques. Le mot *Télégraphe* est en outre inscrit sur les maisons qui renferment ces postes. L'appareil, placé tout près de la porte d'entrée, se compose d'un récepteur et d'un manipulateur Bréguet, à deux directions, fixés sur une petite armoire qui sert en même temps d'abri pour la pile. L'appareil est embranché sur la ligne, et les deux manipulateurs sont, au repos, sur *Communication directe*, pour que la ligne ne soit pas interrompue. Devant chacune de ces manettes, une étiquette indique le nom de la station qu'elle peut relier à l'appareil. Quand on referme la boîte, deux oreilles, fixées extérieurement aux manettes, les repoussent automatiquement sur leur position de repos, pour éviter que la ligne reste interrompue à ce poste.

Les piles de ces postes sont montées en sens inverse de celles des stations, de sorte que les appels provoquent le déclenchement d'une sonnerie d'urgence (voy. ce mot), pourvue d'un indicateur optique. Cette sonnerie ne fonctionne que sous l'action des courants négatifs et tinte jusqu'à ce que l'indicateur ait été relevé. Les agents des gares doivent répondre aux appels des sonneries d'urgence, toute affaire cessante.

On construit aussi des postes mobiles, qui se placent sur chaque train; tel est le modèle (fig. 954), construit par la maison Bréguet, et formé d'une boîte qui renferme un récepteur et un manipulateur à cadran, et une pile placée dans la base B. En France, ce système n'est plus employé que par la Compagnie du Midi : un fil spécial est installé pour cet usage le long de la voie; l'appareil est mis en communication, d'une part avec un fil par une tige métallique, de l'autre avec la terre.

La compagnie de l'Est emploie un poste Morse portatif, disposé par MM. Dumont et Cabaret, et destiné à l'organisation d'un service temporaire dans une section ordinairement dépourvue de télégraphe, à l'exploitation provisoire d'une ballastière, au sectionnement mo-

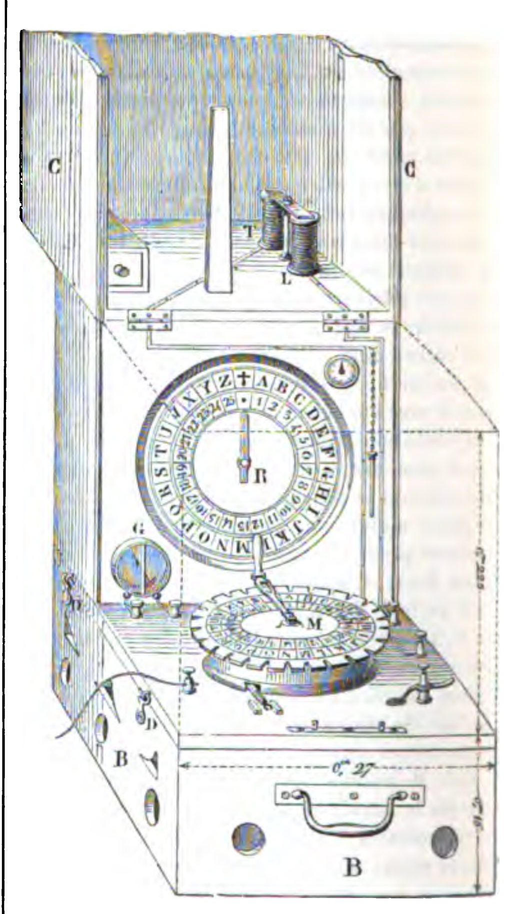


Fig. 954. — Poste portatif Bréguet.

mentané d'une ligne à voie unique sur laquelle on veut assurer une circulation exceptionnelle, etc. Dans tous ces cas, il serait trop long d'expédier sur les lieux et de monter un poste complet. Le poste portatif de MM. Dumont et Cabaret comprend deux boîtes, dont l'une renferme un récepteur et un manipulateur Morse, un rouet, un commutateur de ligne à deux directions, un commutateur de pile, un galvanomètre vertical, un paratonnerre à papier, un relais annonciateur à deux directions, système Sieur, un porte-encrier, un encrier, un bloknotes. Le manipulateur et le récepteur sont

d'un modèle courant, de sorte qu'on puisse au besoin les remplacer facilement.

L'autre caisse renferme vingt-quatre éléments de pile en série et divers accessoires. Les piles sont du système Leclanché légèrement modifié : elles se composent d'un vase d'ébonite renfermant un mélange de coke, de pétrole et de chlorhydrate d'ammoniaque, un crayon de charbon plongeant dans ce mélange et un zinc entouré d'une gaine de toile. Au moment de s'en servir, on introduit dans chaque couple une certaine quantité d'eau au moyen d'une mesure et d'un entonnoir qui sont placés dans la caisse, ainsi que quatre conducteurs souples, un serre-rail pour établir le contact à la terre, une lime de ciseleur pour décaper le rail, divers outils, une bobine de fil recouvert, deux flacons d'encre oléique, dix-huit rouleaux de papier et divers accessoires de rechange. Pour se servir du poste, on place la première caisse sur un support quelconque ou même sur le sol, on l'ouvre de façon qu'elle serve de table, et l'on établit les communications avec la terre et avec le fil de ligne.

Les appareils destinés à l'exploitation des chemins de fer et décrits aux mots BLOCK-SYSTEM, INTERCOMMUNICATION, etc., peuvent être considérés comme faisant partie de la télégraphie des chemins de fer.

Télégraphie météorologique. — Le Verrier a institué le premier en France un service régulier d'observations météorologiques. Chaque jour, les observations faites en tous les points du territoire et dans les principales villes de l'étranger sont concentrées par le télégraphe à l'Observatoire de Paris et servent à dresser une carte qui donne l'état général de l'atmosphère, et qui est expédiée immédiatement sur tous les points intéressés. On peut observer ainsi la naissance des bourrasques et des cyclones et prévoir, dans une certaine mesure, la marche probable de ces dangereux météores. Cette tâche est facilitée par les renseignements reçus chaque jour d'Amérique. Nos côtes ont été divisées en quatre régions, celles des Iles Britanniques en six. Deux fois par jour, tous nos ports échangent leurs observations, qui sont communiquées aussi aux ports anglais. Les renseignements ainsi recueillis rendent de grands services aux navires qui sont sur le point de quitter les ports, et d'une manière générale à toutes les personnes qui ont intérêt à connaître le temps probable.

Les États-Unis d'Amérique ont installé des premiers un service d'avertissements météorologiques. L'Angleterre, l'Allemagne, la Prusse, l'Italie, la Russie ont suivi cet exemple.

Télégraphie militaire. — Il est inutile d'insister sur les services que peut rendre la télégraphie dans les opérations militaires. Néanmoins, pendant les guerres de Crimée et d'Italie, nous dûmes recourir à des télégraphistes civils ; et, même en 1870, notre organisation était encore trop imparfaite pour fonctionner régulièrement, tandis que les Allemands purent construire plus de 300 milles de ligne, en réparer plus de 1 000 et exploiter plus de six cents stations télégraphiques.

L'organisation de la télégraphie militaire française a été réglée par le décret de novembre 1874. Modifiée par le décret du 23 juillet 1884, puis par celui du 27 septembre 1889 actuellement en vigueur, elle se compose de :

Directions;
Sections de première ligne;
Sections de deuxième ligne;
Parcs télégraphiques ;
Service du territoire.

Le tout est complété par le service de télégraphie légère fait par la cavalerie et par celui qui est organisé dans les autres corps de troupes pour leurs besoins particuliers.

Le matériel employé dans l'armée française est installé dans des voitures, attelées par les soins du train des équipages. Les voitures réglementaires sont actuellement au nombre de cinq :

La voiture-poste, modèle 1884 ;
Le chariot ;
La dérouleuse ;
La voiture légère ;
Le chariot à perches.

A ces modèles vient s'ajouter le fourgon 1874 du modèle général de l'armée.

Les anciennes voitures 1874 ont été modifiées et sont utilisées dans les Directions pour le transport des archives, etc.

Chaque pile est formée de douze petits éléments Leclanché montés en tension et renfermés dans une boîte munie de bornes extérieures.

Les appareils portatifs sont du système Morse et comprennent sous un très petit volume : un récepteur, un manipulateur, un commutateur placé au milieu (fig. 956), un paratonnerre à stries (voy. ce mot) situé à gauche, un galvanomètre vertical, à droite un encrier contenant d'un côté de l'encre ordinaire et de l'autre de l'encre oléique pour le tampon.

Le manipulateur diffère des modèles ordinaires par une disposition qui permet de constater l'état des piles et des communications, en

faisant passer directement le courant dans les électro-aimants du récepteur. Les noyaux de ces électro-aimants peuvent être légèrement élevés ou abaissés à l'aide d'un bouton moleté,

afin de régler la sensi... cents sont à culasse ... pièce supplémentaire q... ler en courant continu.

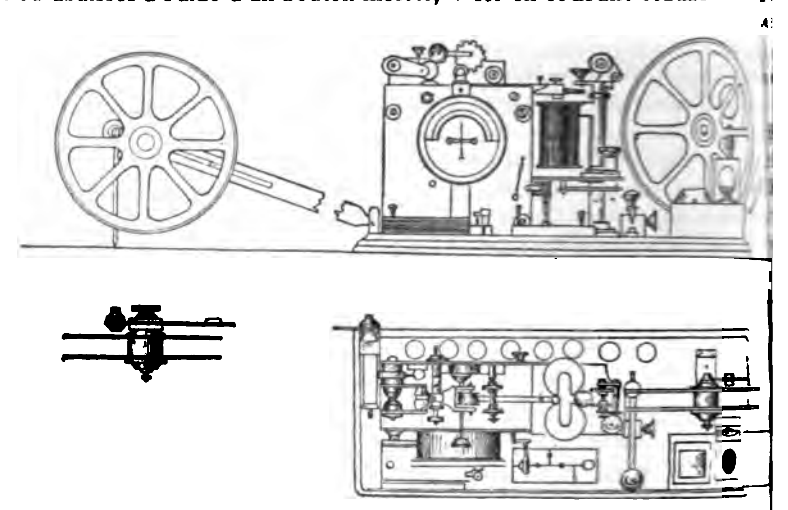


Fig. 955. — Appareil portatif de campagne.

L'aiguille du galvanomètre est immobilisée pendant les transports au moyen d'une fourchette qui se manœuvre par un bouton extérieur.

Afin de simplifier l'installation de postes volants avec ces appareils on les renfermes dans des cantines à deux compartiments, celui du bas contenant la pile. La partie antérieure se rabat et forme une table sur laquelle le télégraphiste peut écrire.

Les parleurs sont des relais Morse simplifiés et formés seulement d'un électro-aimant boiteux et d'une armature. L'extrémité de l'électro-aimant, dépourvue de bobines, porte un manchon en ébonite *c* (fig. 956), sur lequel est fixé le support de la palette. Un ressort-lame R permet de régler la position de la palette qui, au repos, vient butter contre une vis I se réglant de l'extérieur. Quand le courant passe, la palette frappe le noyau de l'électro-aimant avec un bruit assez fort pour que l'on puisse lire les dépêches *au son*. L'appareil est monté sur une caisse sonore pour renforcer le son. La base supérieure porte un manipulateur disposé pour pouvoir travailler en courant continu. La borne ligne communique avec le massif du manipulateur, la borne pile avec le plot de travail du manipulateur dont le plot de repos est relié au fil de l'électro-aimant communiquant d'autre part avec la terre. La borne pile est également réunie à la culasse de l'électro-aimant, la

borne I avec la vis I, la bor... réglage V du ressort ant...

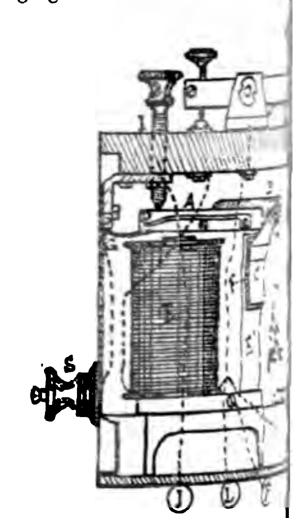


Fig. 956. — Parleur de ca...

avec le massif de l'appareil. ... moins les communications de... qui pouvaient fonctionner en ... les parleurs nouveau modèle ... supprimée; elle est remplac... tif qui transforme à volonté le... en une sorte de ronflement ... coup la lecture. Les traits ... ronflement prolongé, les p...

ment bref, tandis que dans le système ordinaire chaque signal est limité par un double bruit sec qui en annonce le commencement et la fin, et c'est l'intervalle entre ces bruits qui détermine la valeur des signaux.

La sonnerie et les commutateurs bavarois sont semblables à ceux de la télégraphie civile.

La voiture-poste modèle 1884 est attelée de deux chevaux. On entre par l'arrière. Le bureau est disposé longitudinalement sur le côté droit de la voiture. A gauche est une banquette pouvant se transformer en lit. Le fond est occupé par des casiers. La table porte deux appareils de campagne et deux parleurs (fig. 957); au-dessous se trouvent trois piles, deux bobines de câble léger, deux piquets de terre, un axe et une manivelle de déroulement, un pied d'appareil optique. L'armoire du fond contient en outre un appareil de déroulement se plaçant sur le dos d'un homme. Sous le siège du conducteur se trouvent une caisse pleine d'eau, un appareil optique et une provision de pétrole.

Le chariot de travail est une sorte de grande fourragère dont les côtés sont à claire-voie. Il renferme à l'avant des piquets de haubans, des cordages, des bobines de câble et de fil nu,

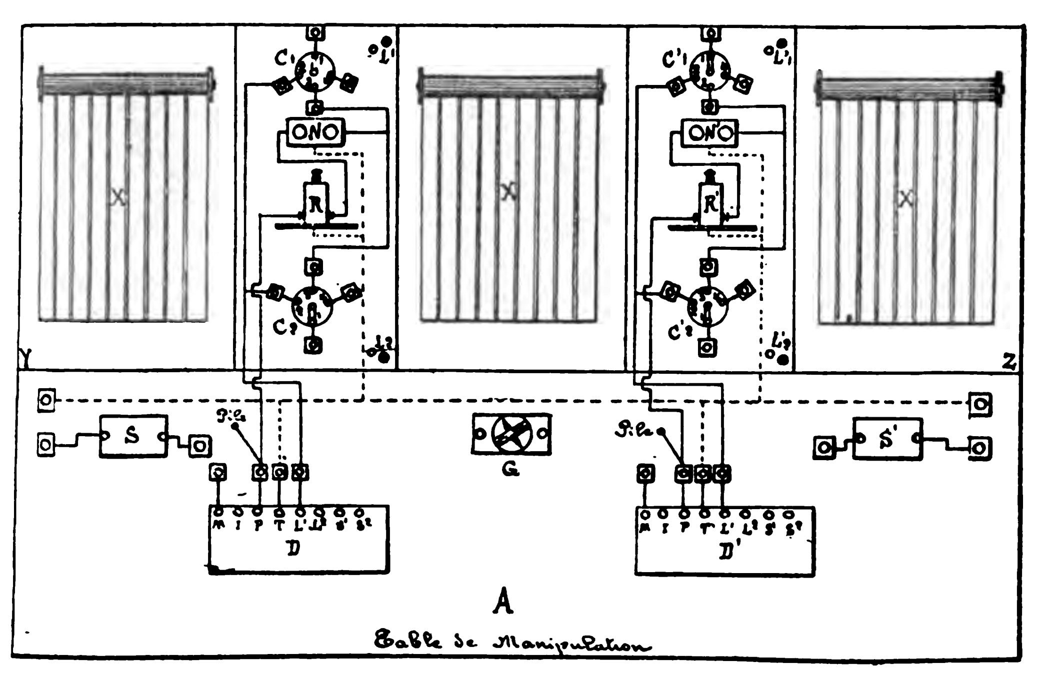


Fig. 957. — Installation électrique de la voiture-poste.

une brouette dérouleuse avec son axe de déroulement (une pour deux chariots); à l'arrière, quatre coffres contenant des isolateurs, des crampons, un parleur, une pile, des outils, etc.; à l'extérieur, des échelles, un réservoir d'eau, des pelles, pioches, etc. Enfin sous la coquille du siège est placée une cantine à appareil contenant son appareil Morse, une pile portative et un assortiment d'imprimés. Le chariot est recouvert d'une bâche.

On se sert souvent aussi d'un modèle plus léger traîné par un cheval et appelé *dérouleuse.* Cette voiture contient huit bobines de câble, une pelle, une pioche, un perforateur, une masse et une manivelle: sur le devant, un piquet de terre, un tourne-à-gauche et une caisse à eau.

Il faut ajouter à cette nomenclature les voitures de réserve, d'archives, d'approvisionnement, etc., dont le chargement est analogue et sur lesquelles nous n'insisterons pas.

La cavalerie chargée de la télégraphie légère possède aussi deux types de voitures l'une plate et couverte contenant des piles, des outils et 10 kilomètres de câble est affectée à la réserve d'une division, l'autre transportant le matériel de chaque brigade.

Télégraphe portatif Trouvé. — M. Trouvé a imaginé un système de télégraphie légère, destiné aux avant-postes, et permettant de cor-

respondre à 1 kilomètre, ou même plus loin en augmentant la longueur du câble. Ce poste se compose d'un petit parleur (fig. 958), de la grandeur d'une montre, qui fait assez de bruit pour qu'on l'entende facilement, et qui porte son manipulateur à la partie supérieure. L'appareil est alimenté par des piles humides du système Trouvé (Voy. Pile), placées dans une boîte fixée sur un crochet qu'un soldat porte sur le dos. Au haut de ce crochet (fig. 959) se trouve une bobine portant 1 000 mètres de fil télégraphique isolé double, pour l'aller et le retour, ce qui
chercher une bonne terre
ce crochet s'éloigne du
lant le câble, qui repose
fils numérotés et de diffé-
mettent de raccorder, sans
deux lignes et la pile.
reçu d'application pratique
tie de l'armement des

M. Trouvé a encore ima-
reil télégraphique très ingé-
graphique, qui se compose



Fig. 958. — Parleur Trouvé (demi-grandeur).

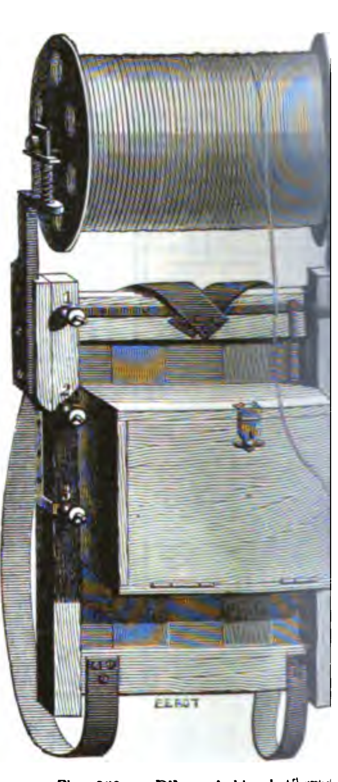


Fig. 959. — Pile et bobine du télégr...

Bréguet, représenté en grandeur naturelle (fig. 961), et pouvant se placer facilement dans la poche.

Nous avons indiqué aux articles Ligne, Isolateur, Pile, etc., ce qui est relatif à ces parties du matériel de télégraphie militaire. Dans ce matériel figurent encore les appareils de télégraphie optique que nous décrivons un peu plus loin. Enfin les téléphones tiennent aussi maintenant une large place dans la télégraphie militaire.

Nous donnerons pour terminer quelques renseignements sur l'organisation de la télégraphie militaire chez les puissan-
d'après le livre du colonel
pliquée à l'art militaire), auquel
tons une grande partie des ren-
tenus dans cet article.

Allemagne. — L'armée all-
quatre voitures télégraphiques
poste, la voiture de matériel,
voiture de transport des emp-

La voiture-poste diffère peu
légère. Sur le côté droit sont
pareils Morse et à gauche un
vant de lit de camp. Les piles

Marié-Davy modifié : le vase extérieur est en charbon de cornue, entouré par une gaine de caoutchouc; il renferme une pâte de sulfate mercureux, dans laquelle est enfoncé un crayon de zinc, maintenu par deux tasseaux de bois et par un couvercle en caoutchouc, qui ferme la pile.

La voiture de matériel correspond à notre chariot : elle est divisée en trois compartiments, contenant, celui du milieu des perches et les autres des bobines. Elle contient en outre la brouette dérouleuse et ses roues. Des ferrures extérieures portent une échelle spéciale, qui est double et peut recevoir deux roues : cette disposition en rend le transport plus facile et permet de l'employer comme dérouleuse.

La voiture fourragère porte le fourrage, les bagages des télégraphistes et le matériel de rechange.

La voiture des employés ressemble à un *hansome cab* et porte deux employés, deux appareils Morse et deux piles.

Les câbles de campagne sont à trois fils en



Fig. 960. — Mode d'emploi du télégraphe Trouvé.

cuivre étamé, plus gros que les nôtres, entourés d'une triple couche de caoutchouc et d'une armature en ruban de fer. On emploie en outre du fil nu, en cuivre pour les lignes d'avant-postes et en fer pour les lignes d'étapes. Les câbles ne sont employés que lorsqu'ils sont indispensables.

Les perches ont 3,75 m. de hauteur et sont simples ou doubles.

Les appareils de transmission sont des Morse ordinaires, mais montés en *courant continu*. Ce système, décrit plus haut, a l'inconvénient d'user les piles très vite, mais il offre en temps de guerre beaucoup plus de sécurité. Si l'ennemi coupe un fil, les deux postes voisins en sont avertis immédiatement, et non pas seulement lorsqu'on a besoin de transmettre. Il est à remarquer cependant que le poste pourvu de pile n'est pas averti si le télégraphiste qui coupe la ligne a le soin de la mettre à la terre. Mais le poste sans pile s'aperçoit à coup sûr que la ligne est interrompue.

Pour les avant-postes, l'armée allemande fait usage d'un matériel léger, porté à dos d'homme, et dont l'invention est due au capitaine Buckholtz.

Chaque appareil se compose d'une petite boîte contenant un appareil Morse réduit à sa plus simple expression, muni d'un galvanomètre et d'une sonnerie.

Si le courant, qui est continu, vient à se trouver interrompu, on en est averti aussitôt par l'arrêt de la sonnerie. Le câble est porté à dos d'homme dans un havre-sac traversé par un axe de déroulement, muni d'une manivelle pour l'enroulement. Chaque bobine contient 500 mètres de câble, pesant environ 6 kilogrammes. Le câble est à double conducteur pour l'aller et le retour.

Angleterre. — On emploie trois sortes de voitures : la voiture-poste, la voiture du câble et la voiture du matériel.

La voiture-poste, plus lourde que notre nouveau type, est attelée à quatre chevaux. L'aménagement rappelle celui des nôtres. Elle contient sept groupes de dix éléments Leclanché hermétiques.

Les voitures de câbles, attelées à six chevaux, sont divisées dans la longueur en trois compartiments : celui du milieu renferme des perches en fer creux, les deux autres trois bobines

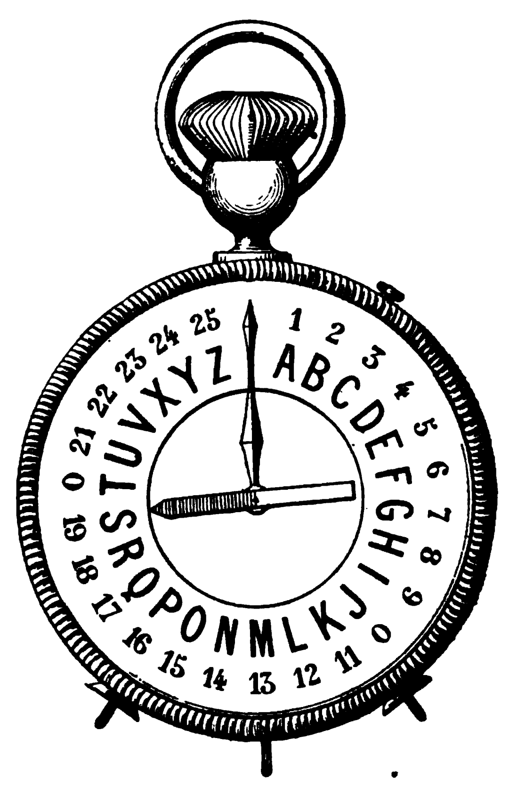


Fig. 961. — Montre télégraphique.

portant un demi-mille de câble. L'enroulement de ce câble, quand on relève la ligne, se fait automatiquement, grâce à des poulies calées sur les roues de derrière et tournant avec elles. Cette voiture contient en outre une brouette dérouleuse, et, dans des coffres placés à l'avant, des crampons, isolateurs, clous, etc.

Les voitures de matériel portent des perches, des échelles et une réserve de câble.

Les lignes sont construites, suivant les cas, en fil de cuivre ou en fil d'acier de 1,65 mm. On emploie en outre un câble à sept brins, garni d'une couche très épaisse de gutta-percha, et un câble compound, formé d... roulés autour d'un fil d'a...

Les Anglais font usage ... bou, de perches en fer ... baïonnette, et quelquefois ... niques en sapin.

Ils possèdent aussi un ... très léger : le câble est d... dérouleuse, portée par d... tant au centre la bobine à ...

Autriche. — La voiture ... aux précédentes. Les app... Morse à gaufrage, ce qui ... relais. Les parleurs sont ... zontales. Les piles sont ... modifié : chaque élément ... sonné par un diaphragme ... d'un côté le zinc dans de ... mide, de l'autre le charbon ... de sulfate mercureux.

Le chariot de travail est d... partiments horizontaux et ... ches sont en bambou. La ... peut être portée par trois hom... deux. L'axe de déroulement ... Les isolateurs sont analogu... mand. Le câble renferme six ... roulés avec un fil d'acier cen...

Belgique. — Le matériel ... ble, se compose de quatre ... ture-poste, une voiture de ... poteaux, une voiture de ma... atelier.

La voiture-poste est plus ... ancien modèle. Le coupé renfer... reils Morse ordinaires, pouvant ... cun deux lignes. A l'arrière, ... portent chacune 1 *kilomètre* de ... se dérouler et s'enrouler aisém... ture se trouve suspendu *et dés*... de camion dérouleur qui peut ... bines, un appareil Morse et un ... leur peut être traîné par un ... d'hommes. Les piles Leclanché ... de l'étoupe.

La voiture de fil renferme ... fil nu en huit bobines, et une ... plus légère que la nôtre. La voiture ... contient 200 poteaux de 5,50 m. ...

La télégraphie légère em... Buckholtz.

Espagne. — Le matériel est ... la guerre de montagne; *aussi* emp... coup de postes optiques.

Une voiture comprend *un poste*...

les postes optiques, les bobines, agent à dos de mulet. Tous les double fil. Les piles sont du sys- s (Voy. PILES MILITAIRES).

e matériel italien est analogue au on tend à substituer le téléphone s. Le téléphone reçoit alors des et courts correspondant aux traits de l'alphabet Morse.

La Russie a modifié tout récem- atériel. La voiture-poste a son en- côté, et renferme deux appareils frage avec relais. Les piles sont du iell modifié. Les appareils d'avant- construits par la maison Siemens et

oie en outre une voiture d'instru- voiture de perches qui en contient iture de matériel portant le fil et le roiture de provisions. Le câble est du glais compound. La dérouleuse est portée par trois hommes. Les autres sont semblables à ceux du matériel

- Ce matériel diffère des précédents; s de voiture-poste. Le poste s'installe naison ou sous une tente. Il y a néan- tre voitures : la voiture de matériel a voiture de fil, la voiture de perches agère.

x premières sont des voitures à deux ées l'une derrière l'autre et agencées it restreint au moyen d'une cheville comme une pièce et son avant-train. osition est nécessitée par les mauvais Les piles sont des Leclanché fermées uvercle enduit de glu marine.

pas de brouette. Le fil est déroulé ou ar la voiture. Dans les terrains inacces- a voiture, deux télégraphistes portent os, à l'aide d'un harnais spécial, les rémités de la bobine.

Jnis. — Le matériel est très simple et r. La voiture de piles contient en même juatre postes, composés uniquement nipulateur et d'un parleur à deux bo- iivant l'usage américain. Les piles sont iell modifiées et travaillent à courant

nploie en outre une voiture de perches voiture de fils, qui porte un appareil et automatique de déroulement.

rps chargé de ce service est appelé *corps aux*. Il est recruté par engagements vo- es pour cinq ans, et nous ne pouvons nous figurer que difficilement la grand portance qu'il présente chez les Américai temps de paix, les hommes qui le comp desservent des observatoires météorologiq transmettent télégraphiquement, d'un c l'autre du continent, les prévisions du ten utiles à l'existence maritime des États-Un corps des signaux exploite également les tions frontières, dont l'état habituel est so plus voisin de la guerre que de la pai corps, très rompu aux exigences de son m est bien supérieur, comme dextérité et pr titude d'installation, à tous les corps simil institués par les puissances européennes.

« On voit, par ce court exposé de l'orga tion télégraphique militaire dans tous les c rents États, combien chacun tient à se tro prêt pour les événements et sent la néce d'adjoindre à son armée cet élément de su facilitant la transmission des ordres, lan avec la rapidité de la foudre les indication général en chef, qui peuvent ainsi être r sées instantanément. On voit quel est le min parcouru depuis le commencement siècle, où le télégraphe ne servait qu'à ap ter à Paris les nouvelles de nos victoires. E rons que, ces temps héroïques revenant, l' personnel des lignes militaires françaises encore à télégraphier les hauts faits de soldats. » (Colonel GUN, *L'Électricité appl à l'art militaire.*)

Télégraphie navale. — Les sémaphores s sur le littoral sont reliés aux stations inté res par un réseau spécial, qui sert à transm chaque jour l'état de la mer et les rense ments utiles à la navigation. Les navires vo des côtes peuvent échanger par la même des communications avec l'intérieur du c nent, mais il faut d'abord que les dépêches vent aux sémaphores. On se sert générale pour cela de procédés qui n'ont rien de mun avec l'électricité, par exemple de pavi dont la couleur et la position concourent formation des signaux. Le premier code gnaux maritimes a été imaginé par le capi anglais Marryatt : toutes les phrases corre daient à des nombres, et ces nombres étaie présentés par le jeu de dix pavillons de co différente. On pouvait faire ainsi 5 860 co naisons. Un système plus complet, do 18 000 mots, fut inventé par le capitaine Re de Chauvancy et adopté en 1855 par la F et l'Angleterre. Ce système a été simpli 1865 et réduit à 8 000 mots, qui suffisent faitement à tous les besoins.

La nuit, on remplace d'ordinaire les pavillons par des lanternes. On a essayé aussi en France et en Allemagne de produire les signaux Morse à l'aide de lampes à incandescence. Les lampes sont fixées à un mât et l'on ouvre ou l'on ferme le circuit à l'aide d'une clef Morse. Il est bon d'intercaler dans ce circuit un récepteur ordinaire, qui garde la trace des dépêches envoyées. La marine française a adopté en 1882 un système de télégraphie électrique imaginé par M. de Méritens et qu'on trouvera au mot SIGNAUX.

La télégraphie permet encore aux navires de se régler sur l'heure exacte d'un méridien particulier, par exemple celui de Greenwich.

La marine fait également usage des appareils de télégraphie optique.

Télégraphie optique. — Dans les opérations militaires, on emploie souvent un système de signaux télégraphiques
vantage de n'exiger l'établi
entre les deux postes, ce qu

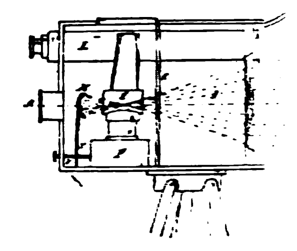


Fig. 962. — Appareil optique de cam

tains cas de correspondre à
ennemies.

Bien qu'on ait fait quelqu
mière électrique, on produi

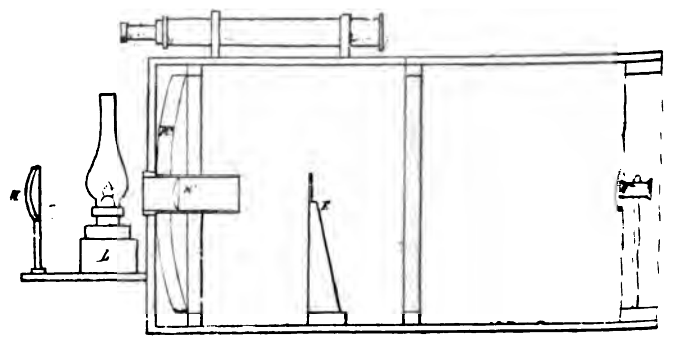


Fig. 963. — Appareil télescopique (service des forteresses).

signaux à l'aide du soleil ou d'une lampe à pétrole, et l'électricité n'intervient que pour l'enregistrement.

En France, les armées en campagne emploient des appareils dioptriques, tandis que les places fortes font usage d'instruments catoptriques d'une plus grande portée. Parmi les premiers, le plus usité a 14 centimètres d'ouverture : il est formé d'une boîte en tôle divisée par une cloison verticale E en deux parties un peu inégales (fig. 962). En arrière est placée une lampe à pétrole P à mèche plate, donnant une flamme de 2 centimètres de hauteur, protégée par une boîte cubique en fer munie de verres plans et surmontée d'une cheminée en tôle. Un petit miroir concave M est placé derrière la lampe. Les rayons lumineux traversent un trou pratiqué au centre de l'écran E, et muni d'un obturateur qu'on actionne du dehors pour produire les éclats courts ou longs qui représentent les signaux Morse; ils tombent ensuite sur une lentille conv
transforme en un faisceau sen
lèle. Une vis V, manœuvrée du
régler la position de la lampe.
du soleil, on repousse la lampe
l'on place dans l'orifice a un
capable de faire converger les ra
même de la lampe. Ces lentille
lumière solaire d'un héliostat
la boîte. Un abat-jour protège
les rayons directs du soleil et la

Une lunette, dont l'axe est par
l'appareil d'émission, sert à
gnaux envoyés par le poste corr
correspondance terminée, on
qui maintient le manipulateur
l'écran obturateur dans la posit

L'appareil de forteresse est
Une lampe L (fig. 963), placée
séparée, envoie ses rayons,
par le miroir concave M, sur

ɔrme une image réelle un peu au rateur E. La lumière, qui diverge point, tombe sur le petit miroir qui la renvoie sur le grand miroir nétique M″. Celui-ci donne un

faisceau parallèle qui sort par l'ouverture p à droite. L'obturateur E se manœuvre d hors et sert à produire les éclats longs et cc Une lunette placée sur la boîte sert de récep

M. Ducretet est parvenu à obtenir un

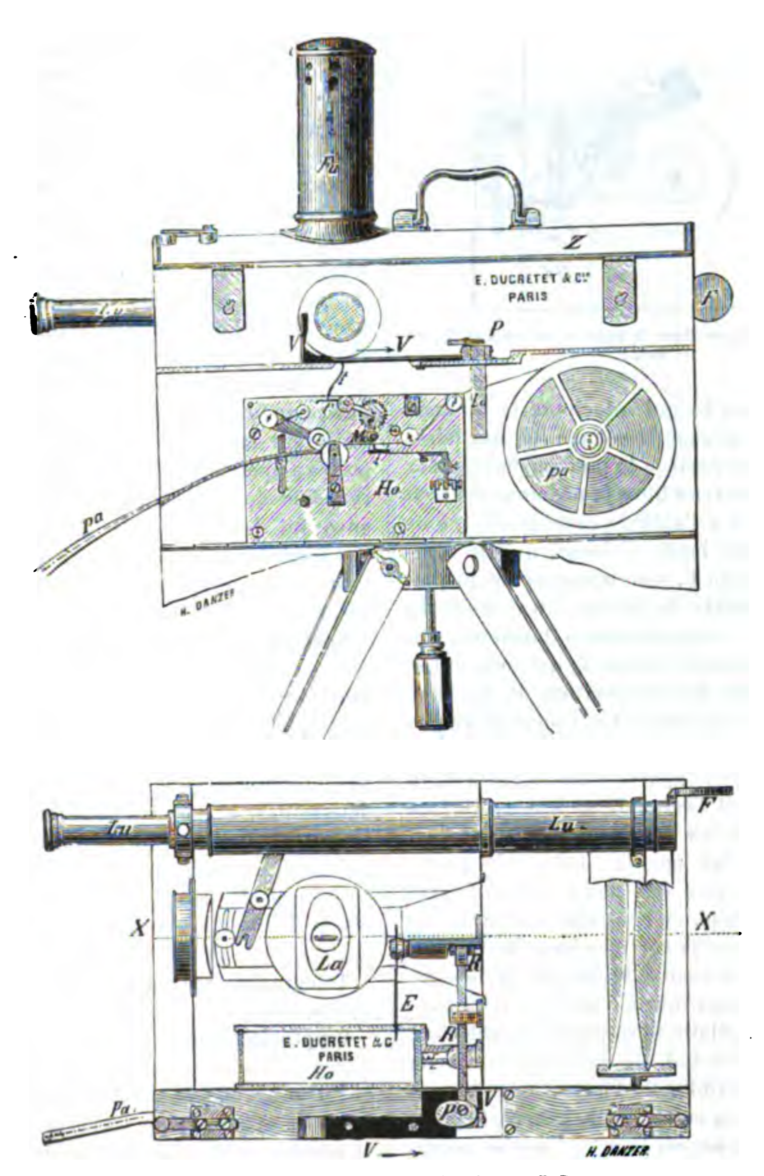


Fig. 964. — Enregistreur automatique des signaux (E. Ducretet).

nt régulier en supprimant tous les or- ectriques du récepteur Morse, dont les uages sont conservés. L'enregistrement purement mécanique. Ce récepteur est éralement sur l'appareil optique. Au verrou V (fig. 964) immobilise la pédale

manipulateur *p*, le rouage H*o* du récep et maintient soulevé l'obturateur E ; c'e position du feu fixe. En même temps, la appuyant sur *t′*, le tampon encreur est é de la molette M*o*, qui par suite ne peut t aucun signe sur la bande de papier *pa* ;

ci est d'ailleurs immobilisée par le rouage.

Au signal convenu par les deux postes correspondants, on tire le verrou V; ce seul mouvement supprime le feu fixe, en laissant

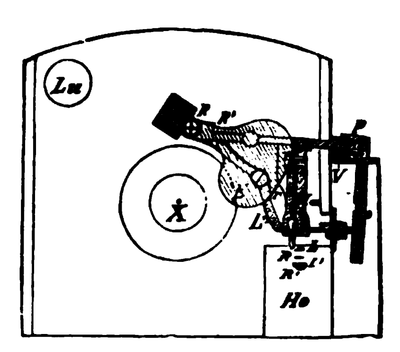


Fig. 965. — Enregistreur dans la position du repos ou du feu fixe.

retomber l'écran E, qui intercepte le faisceau lumineux XX, dégage le rouage Ho, qui laisse défiler le papier, replace le tampon encreur sur la molette Mo, et rend libre la pédale *p*. On peut alors manipuler à l'aide de cette pédale; tous les mouvements, brefs ou longs, qu'elle communique à l'écran E, sont transmis *mécaniquement*, par une série de leviers, au couteau du récepteur. La correspondance terminée, on pousse de nouveau le verrou V, qui immobilise tous les organes dans la position du feu fixe. Le plan montre la lampe L*a*, l'écran E, le jeu de lentilles, la lunette réceptrice Lu. La figure 965 montre l'appareil dans la position du feu fixe : on voit l'écran E soulevé et l'action du verrou V sur les divers organes. Tout l'appareil est protégé par la boîte : la partie imprimée du papier sort peu à peu. A la lecture de cette bande, on peut s'apercevoir d'une erreur commise et la corriger immédiatement.

Il serait évidemment à désirer que la dépêche pût être reçue imprimée à l'arrivée. Les essais faits à l'aide du gélatino-bromure d'argent n'ont donné aucun résultat, le faisceau lumineux reçu étant trop faible. Vu l'importance des dépêches transmises en temps de guerre, le poste qui reçoit pourrait répéter la dépêche reçue, pour que le correspondant sache s'il a été bien compris. De cette manière, on obtiendrait l'enregistrement aux deux stations.

Mais il en résulterait un retard notable dans l'acheminement de la correspondance. La transmission par les télégraphes optiques est, en effet, très lente, et comme souvent une dépêche succède immédiatement à une autre, la répétition de la première retarderait l'expédition de la seconde. Pour éviter ces p... contente habituellement de ... les noms propres et les pa...

On ne saurait détermine... précise, l'emplacement des ... le terrain. Les cartes topo... sent évidemment des ind... que des indications; car, ... tuant le profil du terrain, ... absolument certain, dans ... ligne de visée n'est pas ... obstacle dont la hauteur n'a ... sur la carte. A moins qu'il ... soigneusement repérés, il ... que les deux correspondants ... du premier coup ; ils doiv... trouver leur ligne de visée ... chacun d'eux balaie de son ... qu'il suppose occupées par ... puis, par intermittences, il ... observant dans sa lunette. D... postes a aperçu l'autre, il im... reil dans cette direction et ... envoyant des émissions de ... tivement longues et brèves. L... tarde pas à percevoir ces app... nication est établie.

Spectro-télégraphie. — Sy... phie optique imaginé par M. F... lunette réceptrice est munie ... sorte que le faisceau provenant ... metteur donne un spectre ... poste, on intercepte certains ... déterminés, le spectre reçu ... les parties lumineuses qui res... présenter un signal Morse déte... a proposé d'appliquer ce sys... placer la nuit les pavillons ... navires (Voy. TÉLÉGRAPHIE NAVALE).

Télégraphie sténographique. — ... TÉLÉGRAPHIE.

Cryptotélégraphie. — Télé... signaux sont incompréhensibles ... qui n'en ont pas la clef. On a ... laires de ce genre pour les opé... et navales et les relations dipl... la télégraphie électrique, il ... l'interprétation des caractères ... clef. Wheatstone, puis MM. Ga... ont construit des cryptographes ... permettent d'obtenir facilement ... ou même l'impression d'une d... tères secrets ou réciproquement ...

Statistique télégraphique. ...

,50

25

21

)

—

s él
po
r la

em

opp

76

agr
des

fau

0

Longueur du réseau télégraphique sous-marin des principaux [illegible]

	NOMBRE DE CABLES.	[illegible]
Administrations gouvernementales.		
Allemagne	43	[illegible]
Autriche	31	[illegible]
Belgique	2	[illegible]
Danemark	47	[illegible]
Espagne	3	[illegible]
France	51	[illegible]
Grande-Bretagne et Irlande	103	[illegible]
Grèce	46	[illegible]
Italie	38	[illegible]
Norvège	236	[illegible]
Pays-Bas	20	[illegible]
Russie d'Europe et du Caucase	8	[illegible]
Suède	11	[illegible]
Turquie d'Europe et d'Asie	10	[illegible]
Sénégal	1	[illegible]
Russie d'Asie	1	[illegible]
Japon	11	[illegible]
Cochinchine	2	[illegible]
Indes britanniques	89	[illegible]
Indes néerlandaises	1	[illegible]
Australie méridionale	5	[illegible]
Queensland	13	[illegible]
Nouvelle-Calédonie	1	[illegible]
Nouvelle-Zélande	3	[illegible]
Amérique britannique	3	[illegible]
Brésil	19	[illegible]
Totaux	798	[illegible]
Compagnies privées.		
I. Compagnie für Legung und Unterhaltung des deutsch-norvegischen Kabels	—	—
II. Direct Spanish Telegraph Company	4	[illegible]
III. Spanish National Submarine Telegraph	5	[illegible]
IV. India Rubber, Gutta Percha, and Telegraph Works Company	2	[illegible]
V. West African Telegraph Company	12	[illegible]
VI. Black-Sea Telegraph Company	1	[illegible]
VII. Indo-European Telegraph Company	2	[illegible]
VIII. Great Northern Telegraph Company	22	[illegible]
IX. Eastern Telegraph Company	70	[illegible]
X. Eastern and South African Telegraph Company	9	[illegible]
XI. Eastern Extension Australasia and China Telegraph Company	22	[illegible]
XII. Anglo-American Telegraph Company	13	[illegible]
XIII. Direct United States Cable Company	2	[illegible]
XIV. Compagnie française du télégraphe de Paris à New-York	4	[illegible]
XV. Western Union Telegraph Company	4	[illegible]
XVI. Commercial Cable Company	6	[illegible]
XVII. Brazilian Submarine Telegraph Company	6	[illegible]
XVIII. African Direct Telegraph Company	7	[illegible]
XIX. Cuba Submarine Telegraph Company	3	[illegible]
XX. West India and Panama Telegraph Company	20	[illegible]
XXI. Société française des télégraphes sous-marins	5	[illegible]
XXII. Western and Brazilian Telegraph Company	9	[illegible]
XXIII. River Plate Telegraph Company	1	[illegible]
XXIV. Mexican Telegraph Company	2	[illegible]
XXV. Central and South American Telegraph Company	9	[illegible]
XXVI. West Coast of America Telegraph Company	7	[illegible]
Totaux	247	[illegible]

TÉLÉGRAPHIER. — Transmettre par télégraphe.

TÉLÉGRAPHIQUE. — Qui a rapport à la télégraphie. Se dit aussi d'une dépêche expédiée par télégraphe.

TÉLÉGRAPHISTE. — Employé chargé de la manœuvre d'un télégraphe.

TÉLÉKAL. — Appareil imaginé par le colonel W. Jacobi, et composé d'un manipulateur du genre Morse et d'un téléphone récepteur. En appuyant plus ou moins longtemps sur le manipulateur, on lance dans le téléphone des bruits courts et longs analogues aux signaux Morse; on produit de la même manière des coups de sonnerie pour appeler et pour indiquer la fin de la correspondance. Un seul fil de ligne suffit, et l'appareil fonctionne à des distances considérables.

TÉLÉMARÉOGRAPHE. — Appareil indiquant à distance les mouvements de la marée.

Le télémaréographe de M. Gimé a pour récepteur un solénoïde, qui attire un noyau de fer doux suspendu au fléau d'une balance. L'autre bras du fléau porte un style qui inscrit les variations de niveau sur un cylindre tournant vertical. Le solénoïde est relié d'une part à la terre, de l'autre, par le fil de ligne, avec un rhéostat placé au poste de transmission et isolé par son autre extrémité. Une pile est dans le circuit. Au rhéostat est joint une sorte de baromètre à mercure dont la cuvette a son niveau à la hauteur des plus basses marées. Dans la partie supérieure du tube sont soudés, le long d'une génératrice, de millimètre en millimètre, des fils de platine reliés aux différentes divisions du rhéostat. Quand la mer monte, le mercure s'élève dans le tube et baigne un nombre de plus en plus grand de fils de platine, mettant en court circuit un certain nombre de divisions du rhéostat. L'intensité augmente, le noyau de fer doux est attiré plus fortement, et le style s'élèves ur le tambour. (Voy. FLUVIOGRAPHE, ENREGISTREUR, INDICATEUR.)

TÉLÉMÉTÉOROGRAPHE. — Appareil enregistrant à distance les observations météorologiques. (Voy. MÉTÉOROGRAPHE et ENREGISTREUR.)

TÉLÉMÈTRE. — Appareil indiquant la distance de deux points inaccessibles, à l'aide d'un levé à la planchette fait avec deux postes d'observation dont la distance est connue. L'électricité ne sert qu'à assurer le mouvement des alidades. M. Le Goarant de Tromelin et MM. Siemens et Halske ont inventé des télémètres.

TÉLÉMICROPHONE. — M. Mercadier a donné ce nom à un appareil qui réunit les effets du microphone et du téléphone, et qui est réversible. Il a fait construire en 1885 deux modèles, qui donnent de bons résultats.

Dans l'un les organes téléphonique et microphonique sont superposés, dans l'autre ils sont combinés.

M. de Baillehache a donné le même nom à un appareil de téléphonie domestique. (Voy. MICROPHONE.)

TÉLÉPHONE. — Appareil transmettant la parole à distance. Un grand nombre de travaux ont été faits pour arriver à cette transmission. En 1837, Henry et Page découvrirent qu'une tige magnétique soumise à un courant intermittent rend un son en rapport avec le nombre des intermittences du courant. Nous citerons encore les travaux de MM. Froment et Pétrina en 1847 et 1852, de MM. Macaulay, Wagner, Neef, de M. Bourseul (1854), l'invention du phonautographe par Scott (1855). Enfin, en 1860, M. Reis imagina un appareil qui permet de transmettre à distance les sons musicaux.

Mais le premier téléphone qui ait permis de transmettre la parole a été inventé par M. Graham Bell en 1876; il a été introduit en Europe en novembre 1877. Le téléphone de Bell est réversible, le même instrument pouvant servir successivement de transmetteur et de récepteur.

Il est formé d'un aimant droit (fig. 966) entouré à l'une de ses extrémités d'une bobine de fil de cuivre isolé. Devant ce pôle est disposée une plaque de tôle, fixée par son pourtour au fond d'une embouchure devant laquelle on parle. Une vis sert à régler l'instrument, en approchant ou éloignant l'aimant de la membrane. Les deux bouts de la bobine sont reliés par les fils de ligne avec ceux d'un autre appareil identique.

On a expliqué de la manière suivante le fonctionnement du téléphone : les vibrations sonores se transmettent à la plaque de tôle, qui vibre à son tour et produit par ses déplacements des variations dans l'état magnétique du barreau. Ces changements d'intensité font naître dans la bobine des courants induits dont l'ordre de succession, l'intensité et la durée sont en relation intime avec les sons produits devant l'embouchure. Ces courants d'induction se propagent jusqu'à la bobine du récepteur et produisent dans l'aimant de celui-ci des variations d'intensité magnétique, et par suite dans la plaque de tôle des vibrations exactement semblables à celles du son émis. Il en résulte que la voix est

reproduite avec son timbre et sa hauteur; mais l'intensité estconsidérablement diminuée. Il est évident qu'on peut rempla... ligne par la terre.

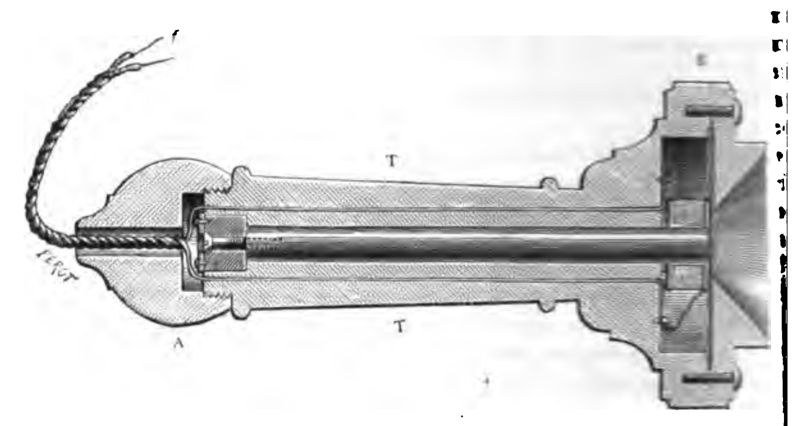


Fig. 966. — Téléphone Bell.

L'explication qui précède est au moins insuffisante. De nombreuses expériences ont montré

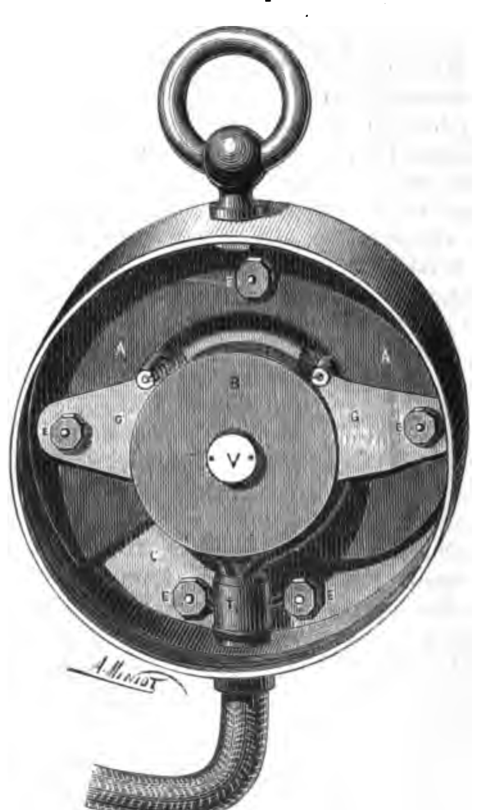


Fig. 967. — Téléphone Journaux.

que la plaque de tôle n'a qu'un rôle secondaire et ne sert qu'à renforcer le son, car on peut transmettre encore la parole en la supprimant.

La transmission du son serait ... à des vibrations déterminées ... récepteur par les variations de ... tique.

Le téléphone Bell a reçu de ... difications destinées à augmen... sons transmis.

Téléphone montre. — On d... téléphone une forme ronde et ... prend alors la forme d'une sp...

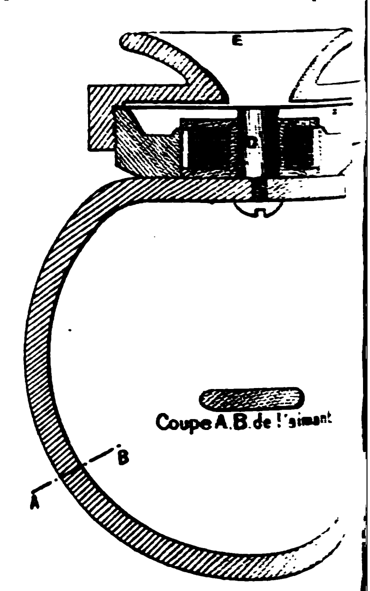


Fig. 968. — Récepteur ...

central est muni d'un noyau ... lequel s'enroule la bobine. La ... l'embouchure sont placées sur

ɔurnaux. — Ce modèle présente ıt en spirale A, dont le pôle cen-·é par la bobine B (fig. 967), que les deux griffes G ; V est une vis ·rvant à régler le téléphone ; T est sé de façon à éviter la fatigue du ut est renfermé dans une cuvette ·bonite ou en métal nickelé, der- est fixé un manche ou un gros ıt à saisir l'appareil. Dans ce der-léphone est très léger, couvre bien ut tenir facilement dans le creux g. 626 et 627).

helps. — M. Phelps a construit un logue (fig. 968), fréquemment em-ıérique comme récepteur avec le à charbon d'Edison. L'aimant a n anneau circulaire ; sur l'un des se un petit noyau de fer doux G, la bobine B. La plaque vibrante P hure en ébonite E complètent le partie extérieure de l'aimant sert

Téléphone Mildé. — Afin d'éviter le déré | résultant souvent de la dilatation ou ı ı



Fig. 969. — Téléphone Mildé.

déformation de l'enveloppe de bois, M. M monte ses téléphones dans une cuvette en m





Fig. 970. — Téléphone Maiche.

vibrante est soudée à l'extrémité de ette ; l'aimant, qui est droit comme éléphone Bell, se visse sur la face

opposée, de sorte que la bobine soit dans l'i rieur de la cuvette. L'appareil ainsi consl est réglé, puis introduit dans l'envelopp(

bois, dont la dilatation n'a plus aucun effet. Dans un autre modèle, l'aimant est en hélice, et la bobine entoure le pôle central; le manche

est placé latéralement … métallique.

Téléphone Maiche. — La …



Fig. 971. — Téléphone Gower.

dans une cuvette en cuivre fondu et nickelé, sur laquelle l'aimant est assujetti par une partie filetée qui permet un bon réglage et élimine

l'effet des déformations du … reil donne les meilleurs r…

Téléphone Siemens. — Ce …

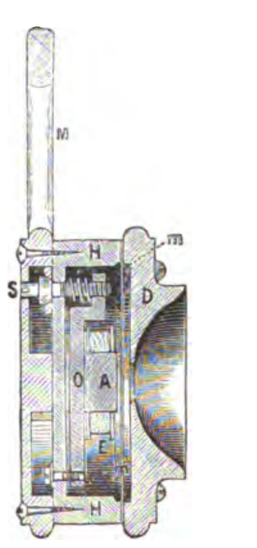




Fig. 972. — Téléphone Fein.

usage presque universel en Allemagne, est formé d'un aimant en U, dont les deux pôles portent des bobines voisines de la membrane. Pour

appeler, on souffle dans un … adapté au pavillon et le son … distance du récepteur. Les …

pas supérieurs à ceux du téléphone de Bell.

Téléphone Gower. — Ici encore, on cherche à augmenter l'intensité du son en rapprochant les deux pôles de l'aimant de la plaque de fer doux, afin de lui communiquer des vibrations plus énergiques. L'aimant O (fig. 971) a la forme d'un demi-cercle, dont les pôles nord et sud sont recourbés suivant le diamètre qui le termine, et portent à leurs extrémités deux bobines de fil. Ces pôles viennent aboutir près de la plaque vibrante, qui forme l'une des bases d'une boîte circulaire renfermant l'aimant et les bobines. L'embouchure est placée au bout d'un tuyau flexible. L'appareil porte en outre une disposition qui sert de signal d'appel et dispense d'avoir recours à une sonnerie. En soufflant dans le tube, on fait vibrer une anche métallique A, placée près du diaphragme : le



Fig. 973. — Téléphone Ader.

mouvement oscillatoire se transmet à celui-ci, qui vibre assez énergiquement pour produire dans le récepteur un son très intense.

Téléphone Fein. — M. Fein, constructeur à Stuttgart, a imaginé un téléphone ingénieux. L'aimant M en fer à cheval (fig. 972) peut servir de support. AA sont des noyaux formés de lames ou de fils de fer isolés, ce qui augmente les effets d'induction produits par les vibrations de la plaque *m*. Ces noyaux sont entourés par des bobines semi-circulaires. L'embouchure D est ordinairement en ébonite, la boîte H en bois ou en métal.

Le réglage se fait par un levier en cuivre O, dont une extrémité est maintenue par la vis S, l'autre ajustée et mobile entre deux vis; on rapproche ou on éloigne les noyaux du diaphragme avec un tourne-vis. Les conducteurs s'attachent en P et P'. L'appel se fait au moyen d'un petit tuyau à anche qui se fixe dans l'embouchure.

Téléphone Ader. — Cet appareil, adopté par

l'Administration française des Téléphones, diffère des appareils qui précèdent par l'addition d'un anneau de fer doux AA placé en avant de la membrane vibrante (fig. 973). L'aimant a la forme d'un cercle et sert de poignée : les deux pôles sont entourés par les bobines BB. L'anneau AA s'aimante par influence et change la distribution des lignes de force. La plaque se trouve alors placée dans un champ beaucoup plus intense. Cet appareil donne une prononciation très nette et très distincte.

Le téléphone Ader est … quemment en Belgique.

Téléphone d'Arsonval. — … l'aimant, placé au centre … porte la bobine B (fig. 974 … anneau T de fer doux, … ment cette bobine, laque… entière placée dans un … L'aimant sert de poignée … plement serrée entre l'ai… représenté à part en N.

Cet appareil possède un… une telle intensité qu'en … on peut facilement entend…

Téléphone Colson. — V… TAIRE.

Téléphone Ochorowicz. — L… d'un cylindre creux, fendu … ratrice, et portant deux n…

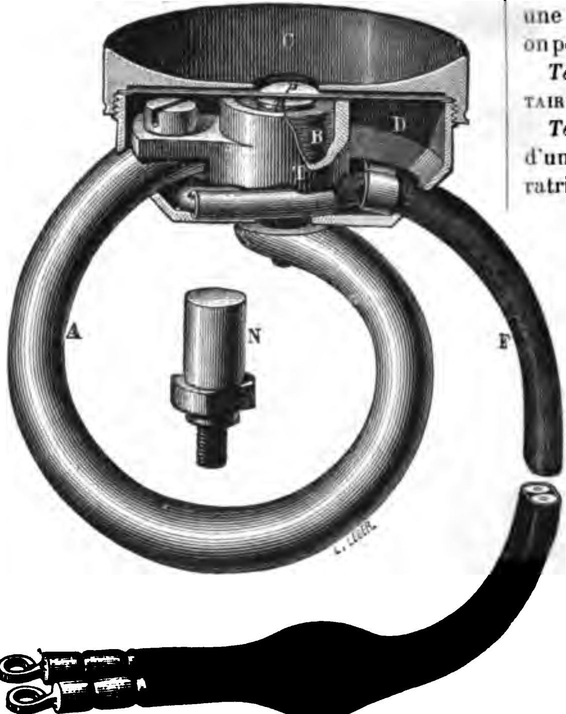


Fig. 974. — Téléphone d'Arsonval.



Fig. 975. — Télépho…

rallèles, de 3 ou 4 millimètres de diamètre, qui servent de pôles et reçoivent les bobines (fig. 975). Ces bobines sont renfermées dans une sorte de boîte plate dont les deux faces sont formées par des plaques de tôle, l'une placée en face des noyaux, à la manière ordinaire, l'autre située en arrière des noyaux et vissée sur l'aimant par son milieu. Cette dernière est percée de deux trous qui laissent passer librement les noyaux.

Cet appareil se distingue par l'emploi de deux plaques vibrantes soumises à l'influence du même aimant, et par le mode d'attache de la boîte téléphonique, qui peut vibrer tout entière, étant fixée seulement par … seconde plaque de tôle.

Le transmetteur se fait un … que le récepteur. Le son tra… entendu dans une salle entière.

Hammer-telephone. — M. de … donné le nom de *Hammer-tel…* phone à marteau à un instrum… Un aimant en fer à cheval CC … un support de bois AA, porte … petits noyaux de fer doux d, s… roulent des bobines DD. Devant … trouve une armature rigide de … au levier *fg*, qui oscille autour …

posé sur un petit pilier *pp* en laiton ou en toute autre matière. Le levier *fg* porte à l'extrémité *g* un marteau H, d'une substance quelconque, fixé au bout d'une vis régulatrice V.

Au repos, le marteau H s'appuie sur une pièce MM, *épaisse*, *rigide*, *inflexible*, en matière quelconque, placée au fond de l'embouchure PP, qui est fixée au bâti par les trois colonnes

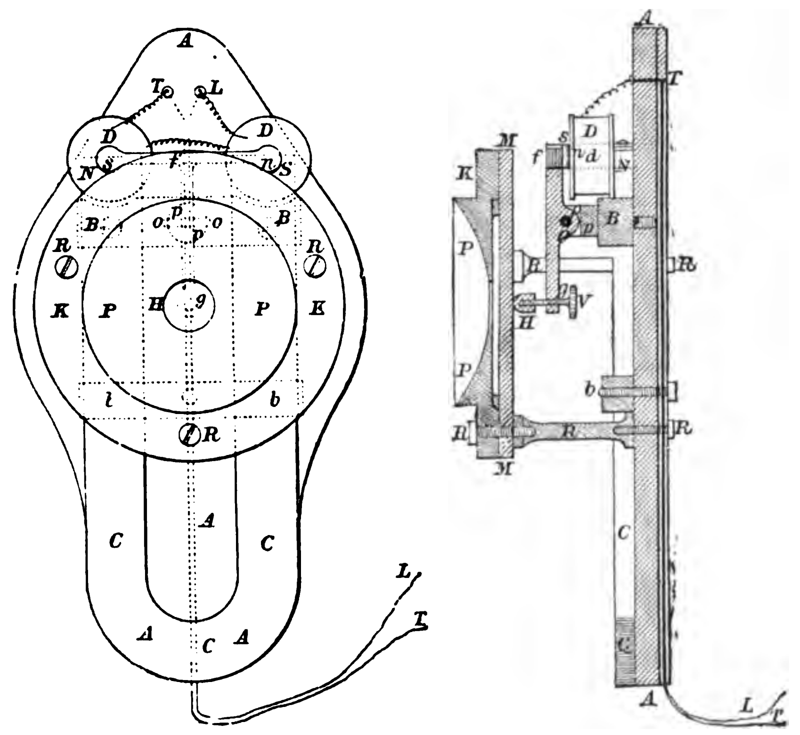
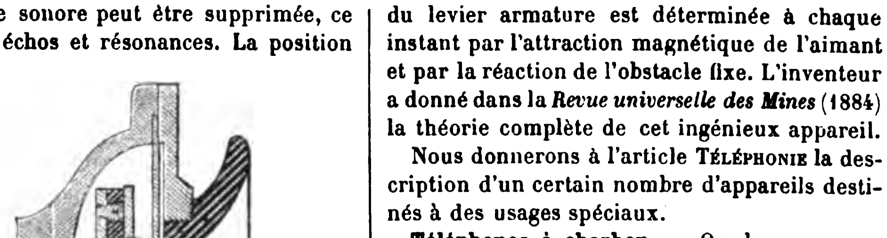


Fig. 976. — Plan et coupe du Hammer-telephone.

RR. La caisse sonore peut être supprimée, ce qui évite les échos et résonances. La position du levier armature est déterminée à chaque instant par l'attraction magnétique de l'aimant et par la réaction de l'obstacle fixe. L'inventeur a donné dans la *Revue universelle des Mines* (1884) la théorie complète de cet ingénieux appareil.

Nous donnerons à l'article TÉLÉPHONIE la description d'un certain nombre d'appareils destinés à des usages spéciaux.

Téléphones à charbon. — On donne encore



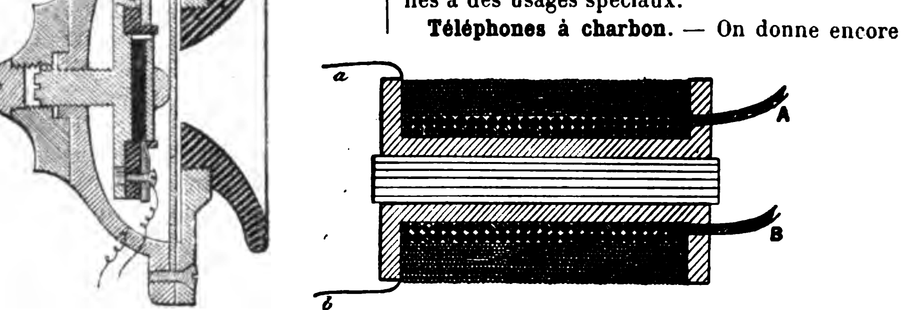


Fig. 977. — Transmetteur Edison et sa bobine d'induction.

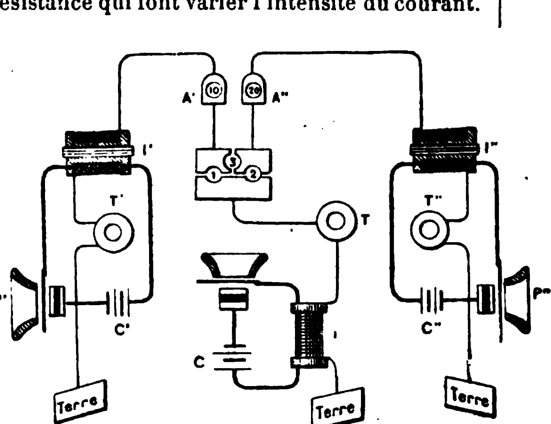
ordinairement le nom de téléphone à des appareils dont le premier a été imaginé par Edison, et qui reposent sur le même principe que le microphone, inventé postérieurement par Bell.

Comme le microphone, ces appareils servent seulement de transmetteurs, et nécessitent l'emploi d'une pile. Ils sont fondés sur les variations de résistance produites par les changements de pression.

Le téléphone d'Edison, breveté en 1877, se compose d'une boîte en fonte communiquant avec l'un des pôles d'une pile (fig. 977); dans le fond de cette boîte s'engage une vis métallique, dont la tête très large supporte une pastille de charbon, maintenue par un anneau isolant et recouverte d'une rondelle de platine. Cette rondelle est surmontée d'un bouton d'ivoire hémisphérique, sur lequel s'appuie la membrane vibrante. La rondelle de platine est reliée à l'autre pôle de la pile en passant par le fil primaire AB d'une bobine d'induction. Lorsqu'on parle devant l'embouchure, les vibrations de la membrane appuient plus ou moins fortement la rondelle de platine contre la pastille de charbon; il en résulte des changements de résistance qui font varier l'intensité du courant.

Ces variations détermin... daire *ab*, relié par la li... teur, des courants indu... membrane de cet appar...

En Amérique, le trans... employé avec le récepteu... haut. La figure 978 montr... postes Edison C'C'' entr... central C, au moment où... engagée. Au repos, chaqu... sur la ligne, et le circuit de... il est donc prêt à recevoir... appeler, il appuie sur un b... courant de la pile sur la lig...



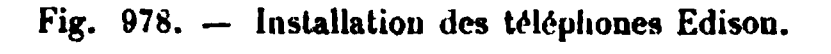

Fig. 978. — Installation des téléphones Edison.


Fig. 979. — Trans...

central en faisant tomber le volet du signal A' par exemple. En prenant le téléphone à la main, on établit automatiquement les communications indiquées sur la figure. Lorsqu'on parle dans le transmetteur P', les courants induits qui prennent naissance dans la bobine I' traversent la ligne, le signal A', qu'ils sont trop faibles pour influencer et, si l'on place une cheville en 1, arrivent au récepteur T du poste central; si l'on met la cheville en 2, le poste central communique avec le poste de droite; si on la met en 3, les deux abonnés communiquent directement. Enfin, en ajoutant une cheville en 1 ou 2, le poste central participe à la communication. Quand la conversation est terminée, l'un des abonnés envoie le courant de sa pile, qui agit sur les deu... prévient le poste central.

Transmetteur Berliner. — C... termédiaire entre les télépho... les microphones. Une pastill... enclume est vissée au centr... brante et reliée à l'un des p... petit cylindre de graphite ... librement par une charnière... vient s'appuyer sur l'enclume... avec l'autre pôle et avec la b...

Transmetteur Blake. — Dans... deux pièces en contact sont... ressorts mobiles, et aucune d... la membrane, ce qui soustra... actions physiques extérieure...

sort *cc* porte une pointe de platine (fig. 979), qui se trouve pressée entre la membrane et une pastille de charbon *h*, fixée dans un petit disque de cuivre *g*, porté par le ressort d'acier *d*. Les deux ressorts *c* et *d*, isolés l'un de l'autre, sont fixés à un levier en fonte F, sur la partie inférieure duquel appuie la vis G, destinée au réglage. Le courant primaire traverse le ressort *d*, la pastille *h*, la pointe *c* et la bobine d'induction I.

Le transmetteur Blake est très employé en Amérique et en Belgique, associé avec le récepteur Bell et une sonnerie magnétique. Le tout est fixé sur un même plancher, avec une boîte qui contient la pile et qui sert de pupitre pour écrire.

Pantéléphone de Locht-Labye. — Dans cet appareil, une plaque de liège rectangulaire, suspendue verticalement par deux petits ressorts, porte encastré vers la partie inférieure un disque de charbon qui se trouve en contact avec une arête en platine fixée à l'extrémité d'une petite tige métallique. On règle la pression du charbon sur l'arête de platine, en poussant plus ou moins la tige par l'articulation à genouillère qui la termine à la partie inférieure. On fait en sorte que le contact se produise sur toute la longueur de l'arête de platine. La membrane est constituée par une pièce de drap tendue sur un cadre, qui ferme l'appareil, en avant de la tige métallique qui porte l'arête.

Applications du téléphone. — L'installation des communications téléphoniques et leur emploi dans divers cas particuliers seront décrits

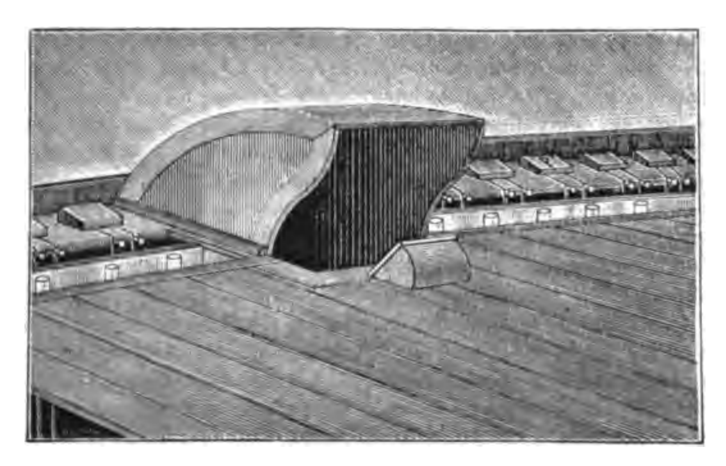


Fig. 980. — Transmetteurs microphoniques placés sur la scène de l'Opéra.

à l'article suivant. Nous signalerons rapidement ici les autres applications, très nombreuses d'ailleurs, que présente le téléphone.

Citons en première ligne les auditions téléphoniques. Le système Ader a été employé dès l'Exposition de 1881 pour l'audition des représentations théâtrales de l'Opéra, de l'Opéra-Comique et du Théâtre-Français. Douze microphones Ader, semblables à ceux qu'on emploie pour les communications ordinaires, étaient disposés au bord de la scène, de chaque côté du trou du souffleur (fig. 980), et reliés par des fils souterrains avec les récepteurs placés au Palais de l'Industrie, dans une salle aménagée de manière à amortir les bruits extérieurs. On entendait parfaitement les chants et même les divers bruits de la salle. Des expériences analogues ont été répétées bien souvent à Berlin, à Bordeaux et à Oldham, près de Manchester, en 1881, à Charleroi en 1884. La même année, le chalet royal d'Ostende, puis le château de Laëken, furent reliés par un téléphone au théâtre de la Monnaie de Bruxelles.

A Monsfield, Brooklyn, Hartford, et dans plusieurs autres villes d'Amérique, le téléphone permet à un grand nombre d'abonnés de suivre l'office religieux sans quitter leur domicile.

En mars 1880, une partie d'échecs eut lieu entre les cercles d'échecs des villes de Brighton et de Clichester, au moyen du téléphone. La même expérience a été répétée plusieurs fois depuis cette époque.

A l'hôpital de Birmingham, les amis ou parents des malades leur parlent par téléphone, pour éviter les risques d'infection.

A Scranton (Pensylvanie), le bureau central téléphonique est muni d'un fort sifflet à vapeur, que l'on peut entendre à une distance de

5 milles, et que tout abonné peut mettre en marche dès qu'il aperçoit un incendie.

En Californie, une station téléphonique a été installée à la cime de la montagne Rouge pour signaler les incendies qui peuvent éclater dans les neige-abris; les guetteurs, dès qu'ils aperçoivent un incendie, l'annoncent à Cisco par téléphone.

Le téléphone présente encore de nombreuses applications dans les laboratoires : il constitue le plus sensible des galvanoscopes, lorsque le courant subit des interruptions régulières; aussi peut-il être employé utilement dans les méthodes de mesure par réduction au zéro. Associé avec le microphone, il a reçu de nombreuses applications médicales. (Voy. Balance d'induction, Électro-acoumètre, Myophone, Sphygmophone, Explorateur, etc.)

Nous signalerons seulement une disposition originale qui utilise pour la recherche des projectiles les courants fournis par le malade lui-même. Deux conducteurs sont fixés au téléphone; l'un se termine par un cylindre creux d'acier qu'on place dans la bouche du blessé; l'autre aboutit à une sonde, qu'on introduit dans la plaie. Lorsqu'on touche un corps métallique, on entend dans l'appareil un crépitement caractéristique.

TÉLÉPHONIE. — Action de transmettre la parole à distance au moyen du téléphone.

Les téléphones magnétiques ne conviennent guère qu'aux petites distances, et leur usage se borne à peu près à la téléphonie domestique. Pour les grandes distances, on les emploie seulement comme récepteurs, le transmetteur étant un microphone.

Téléphonie domestique. — Les téléphones magnétiques décrits à l'article précédent conviennent parfaitement à cette application.

Postes téléphoniques domestiques. — A chaque extrémité de la ligne, on réunit généralement ensemble les appareils destinés à la réception et à la transmission, la sonnerie et le bouton d'appel; le plus souvent, on dispose toutes ces pièces sur un même support, qui porte aussi des bornes pour rattacher les fils : c'est là ce qu'on appelle un *poste*.

Les téléphones magnétiques ne conviennent que pour de très petites distances : ils ont l'avantage de fonctionner sans pile, mais il en faut une pour actionner la sonnerie d'appel, à moins cependant qu'on ne fasse usage de sonneries magnéto-électriques : dans ce cas, l'installation tout entière n'exigera aucune pile. Remarquons cependant que, les sonneries électriques étant aujourd'hui extrêmement répandues, il n'est presque personne qui ne possède une pile de quelques éléments Leclanché pouvant actionner en même temps la sonnerie d'une installation téléphonique.

Même dans le cas très simple où l'on peut se contenter de téléphones magnétiques, il existe une foule de manières de disposer les postes et les lignes qui doivent les réunir. Quelquefois, par exemple lorsque l'un des postes doit servir seulement à des domestiques ou à des personnes inexpérimentées, il vaut mieux ne pas employer de commutateur, et mettre un plus grand nombre de fils pour établir les communications : quatre suffisent toujours, ou même trois en remplaçant le fil de retour par la terre. Dans la plupart des cas, on peut diminuer le nombre des fils en les employant successivement à transmettre le signal de la sonnerie et à réunir les deux appareils téléphoniques : il suffit de faire usage d'un commutateur. Lorsqu'on a entendu l'appel de la sonnerie et qu'on lui a répondu, il faut disposer le commutateur de manière à introduire les téléphones dans le circuit et à en faire sortir les piles et les sonneries; puis, la conversation terminée, on remet les commutateurs sur les sonneries. Cette manœuvre s'effectue aujourd'hui automatiquement, de sorte qu'un oubli ou une négligence d'un des interlocuteurs ne peut empêcher le fonctionnement des appareils. Dans ce but, les téléphones se suspendent généralement à des crochets ou se posent sur des lyres, qui servent de commutateurs. Quand ils sont au repos, leur poids fait incliner les crochets, qui se trouvent disposés sur sonnerie : quand on les prend à la main, les crochets se redressent et mettent les téléphones en communication. Il existe même des systèmes où les crochets sont supprimés, ce qui évite la peine de suspendre les téléphones quand la conversation est finie. Il suffit de prendre les appareils à la main ou de les laisser pendre au bout du conducteur pour les introduire dans le circuit ou les en retirer.

La figure 981 représente deux modèles un peu différents de postes téléphoniques, destinés tous deux aux usages domestiques, et appartenant au système Ader. Dans le premier, un boîtier, qu'on peut fixer au mur, porte au centre un bouton d'appel de sonnerie ordinaire, six bornes d'attache pour les fils de pile, de sonnerie et de ligne, et un double crochet formant commutateur. On suspend à ce crochet, lorsque l'appareil est au repos, un téléphone double, formé

d'un récepteur et d'un transmetteur magnétiques réunis par une poignée métallique. Un câble souple relie les téléphones au boîtier : il contient les conducteurs nécessaires pour établir les communications avec la ligne. Le second modèle diffère du premier en ce que le boîtier renferme un trembleur faisant office de sonnerie : il n'est donc plus besoin que de quatre bornes d'attache. Le téléphone qu'on voit suspendu au crochet commutateur est également du système Ader, mais à manche droit : les deux téléphones de cette figure peuvent être remplacés du reste par celui que nous avons décrit plus haut (fig. 973).



Fig. 981. — Postes téléphoniques domestiques, système Ader.

Installation de deux postes téléphoniques domestiques. — Les postes téléphoniques, que l'on se serve de ceux que nous avons décrits ou d'autres modèles, peuvent être installés de bien des manières, suivant le mode de communication qu'on veut établir et la longueur que doit parcourir la ligne.

Le cas le plus simple est évidemment celui de deux postes pouvant s'appeler l'un l'autre, de manière à permettre aux deux interlocuteurs de converser ensemble. C'est celui qui se présente lorsqu'on veut établir une communication téléphonique entre deux pièces d'un appartement ou d'une maison de campagne, entre deux bureaux ou deux services quelconques. Dans ce cas, la communication peut être établie

à l'aide de deux fils, mais à condition de faire usage d'une pile à chaque poste. C'est ce que représente la figure 982, sur laquelle on voit deux postes, l'un ayant un téléphone double et l'autre un téléphone simple à anneau, tous deux du système Ader. Les bornes de chaque boîtier sont numérotées de droite à gauche. Les deux premières de chaque poste communiquent avec les pôles de la pile correspondante, les deux suivantes avec les deux fils de ligne et les deux dernières avec la sonnerie du même poste. Quand les téléphones sont suspendus aux crochets, les sonneries communiquent avec les fils de ligne, et il suffit de presser sur l'un des boutons pour fermer le circuit et appeler l'autre poste : quand on les prend à la main, ils se trouvent reliés à la ligne, grâce au mouvement de bascule des crochets. Il est bon d'avoir à chaque poste deux téléphones installés sur la même ligne; chaque personne ayant un téléphone à l'oreille et l'autre à la bouche peut causer et écouter en même temps comme dans une conversation directe; s'il s'agit seulement d'écouter, on met simultanément les deux appareils aux deux oreilles, ce qui est plus avantageux.

La disposition précédente peut être réalisée à l'aide d'une seule pile, placée à l'un quelconque des deux postes, mais il faut alors ajouter un troisième fil de ligne. On adoptera donc l'une ou

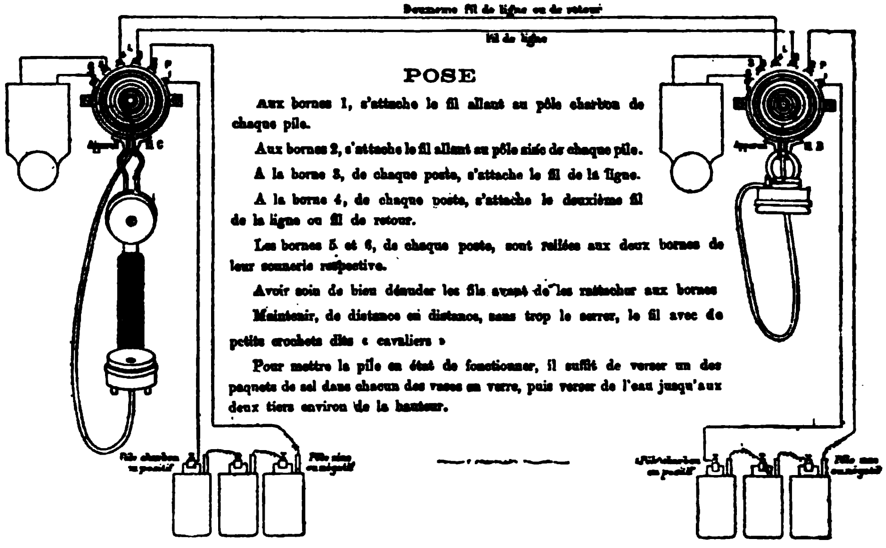


Fig. 982. — Pose de deux téléphones domestiques avec deux fils et deux piles. (Société des téléphones.)

l'autre des combinaisons suivant la distance à franchir : si elle est très petite, il y aura avantage à ajouter un fil et à supprimer une pile, d'autant plus qu'on se débarrassera en même temps de l'ennui de l'entretien. Dans d'autres cas, on pourra aussi se déterminer d'après les appareils électriques, par exemple les sonneries, qu'on possède déjà. La figure 983 montre cette disposition de deux téléphones avec une seule pile et trois fils de ligne. Le poste de droite, où se trouve la pile, est installé comme précédemment, si ce n'est que le troisième fil, le fil rouge sur la figure, s'attache à la première borne de droite, qui communique encore avec le pôle positif. L'autre extrémité de ce fil supplémentaire va s'attacher à la première borne du poste de gauche; la seconde borne de celui-ci reste vide, et les quatre dernières sont, comme dans la première combinaison, reliées aux deux fils de ligne blanc et bleu, et à la sonnerie. (Voy J. Lefèvre, *l'Électricité à la maison*).

Installation d'un poste central et de plusieurs postes simples. — Au lieu d'avoir seulement deux postes à installer, il peut se faire qu'on en ait un plus grand nombre. Il arrive souvent alors que tous les postes ne jouent pas le même rôle, de sorte qu'on a avantage à établir en un point un poste central, communiquant avec les autres d'une manière variable suivant le but qu'on se propose, et pouvant au besoin mettre en communication deux postes simples l'un avec l'autre. Ainsi l'on peut réunir toutes les pièces d'un appartement ou d'une maison avec l'office, ou les différents bureaux d'une adminis-

tration avec un poste central desservi par les garçons de bureau. Dans le premier cas, chaque poste simple doit pouvoir appeler le central, mais la réciproque n'est pas nécessaire : avertis par la sonnerie, les domestiques reçoivent les ordres qu'on leur transmet, ce qui évite les allées et venues. Dans le second cas, il peut être nécessaire que le central puisse à son tour appeler chacun des postes simples. Si, au contraire, le directeur d'une administration ou d'une usine veut réunir son cabinet avec les différents services placés sous ses ordres, c'est le central qui doit pouvoir appeler chacun des postes simples sans réciprocité : il n'aura donc besoin ni de tableau indicateur, ni même de sonnerie, à moins qu'on ne veuille que le poste appelé puisse répondre par sonnerie et par téléphone.

Parmi les nombreuses combinaisons qui peuvent se présenter, nous en prendrons encore deux exemples, d'abord la dernière que nous avons citée : un poste central pouvant appeler trois postes simples sans réciprocité, mais le poste appelé pouvant répondre par sonnerie et téléphone. Le central est alors composé, par exemple, d'un double appareil Ader, l'un pour transmettre, l'autre pour recevoir ; d'une sonnerie, qui est ici renfermée dans l'intérieur du boîtier, et d'un commutateur à manette qui permet de se mettre en communication avec

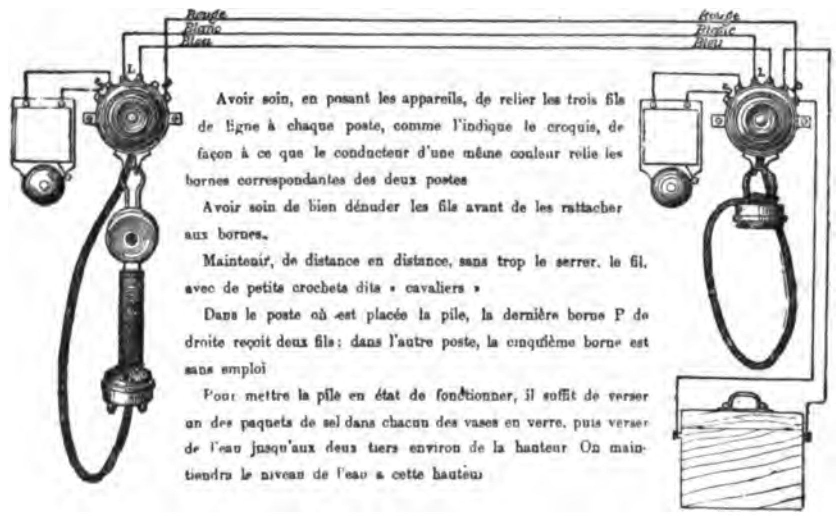


Fig. 983. — Pose de deux téléphones avec trois fils et une seule pile. (Société des téléphones.)

celui des postes simples que l'on veut appeler. Ceux-ci peuvent recevoir à volonté des téléphones doubles ou simples, des sonneries intérieures ou extérieures. La figure 984 montre la disposition des appareils et la manière d'attacher les fils dans le cas qui nous occupe : elle se comprend facilement à la seule inspection.

La figure 985 montre, au contraire, un poste central pouvant appeler les postes simples et réciproquement. Les postes simples se composent chacun d'un boîtier à deux poussoirs contenant une sonnerie intérieure et d'un téléphone Ader. Le central comprend un tableau avec annonciateurs à voyants, des conjoncteurs et des cordons à deux fiches, qui lui permettent de relier directement entre eux deux postes simples, des boutons de mise en communication avec les postes simples, un bouton commun pour l'appel, une sonnerie et six éléments Leclanché.

Bouton-téléphone. — Il existe quelques téléphones créés spécialement pour les usages domestiques. Nous citerons notamment le bouton-téléphone, imaginé par M. Barbier, qui sert à établir une communication téléphonique en utilisant les fils d'une installation ordinaire de sonneries, de sorte qu'on peut, en même temps qu'on sonne quelqu'un, entrer en conversation avec cette personne.

Le bouton-téléphone se compose d'une partie mobile, ayant la grandeur et l'aspect d'un bouton d'appel ordinaire, et d'un socle métallique P, se fixant au mur par deux vis (fig. 986). La plaque P porte quatre griffes G, qui maintiennent la partie mobile, lorsque l'appareil est au repos. Sur sa face postérieure P_1 sont fixées

deux bornes *ab*, qui reçoivent les deux fils de ligne, et une touche métallique *m*. La borne *a* est reliée avec une lame élastique *n* portant à l'extrémité inférieure une goupille S, qui traverse la plaque P et fait saillie en avant (fig. 987). Lorsque la partie mobile est enlevée, la lame *n* vient s'appuyer sur la touche *m;* lorsque cette partie est remise en place, elle repousse la goupille S et supprime le contact de *m* et *n*. Des trois pièces *a*, *b*, *m* partent trois fils 1, 2 et *t*. qui se réunissent en un cordon souple aboutissant à la partie mobile du bouton.

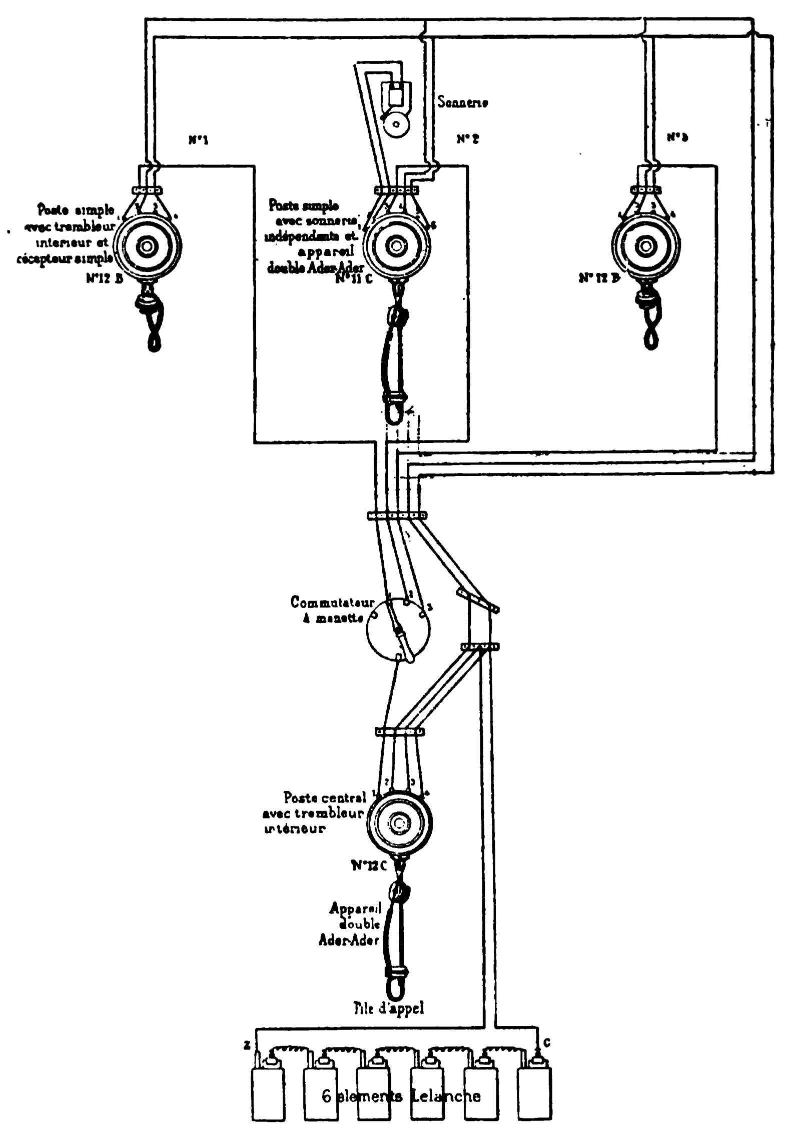


Fig. 984. — Installation d'un poste central pouvant appeler trois postes simples sans réciprocité.

Cette partie mobile comprend un petit téléphone Bell, de forme circulaire, qui sert alternativement de récepteur et de transmetteur. M est la membrane de ce téléphone, T sa bobine, *h* une lame élastique reliée à la masse de l'appareil, et placée en regard d'un contact *g*, isolé de cette même masse; *g* et *h* forment le bouton d'appel. La masse de l'appareil est mise en communication avec le fil 1, le contact *g* avec le fil 2, et la bobine d'une part avec le fil *t*, de l'autre avec la masse de l'appareil.

Lorsqu'on appuie sur le bouton C, on fait toucher *g* et *h* et l'on ferme le circuit de la ligne sur la sonnerie. Lorsqu'on saisit la partie

mobile, la bobine du téléphone est mise dans le circuit d'un côté par la masse de l'appareil et le fil 1, et de l'autre par les lames *m* et *n* et le fil 2. (Voy. J. BRAULT, *Histoire de la téléphonie.*)

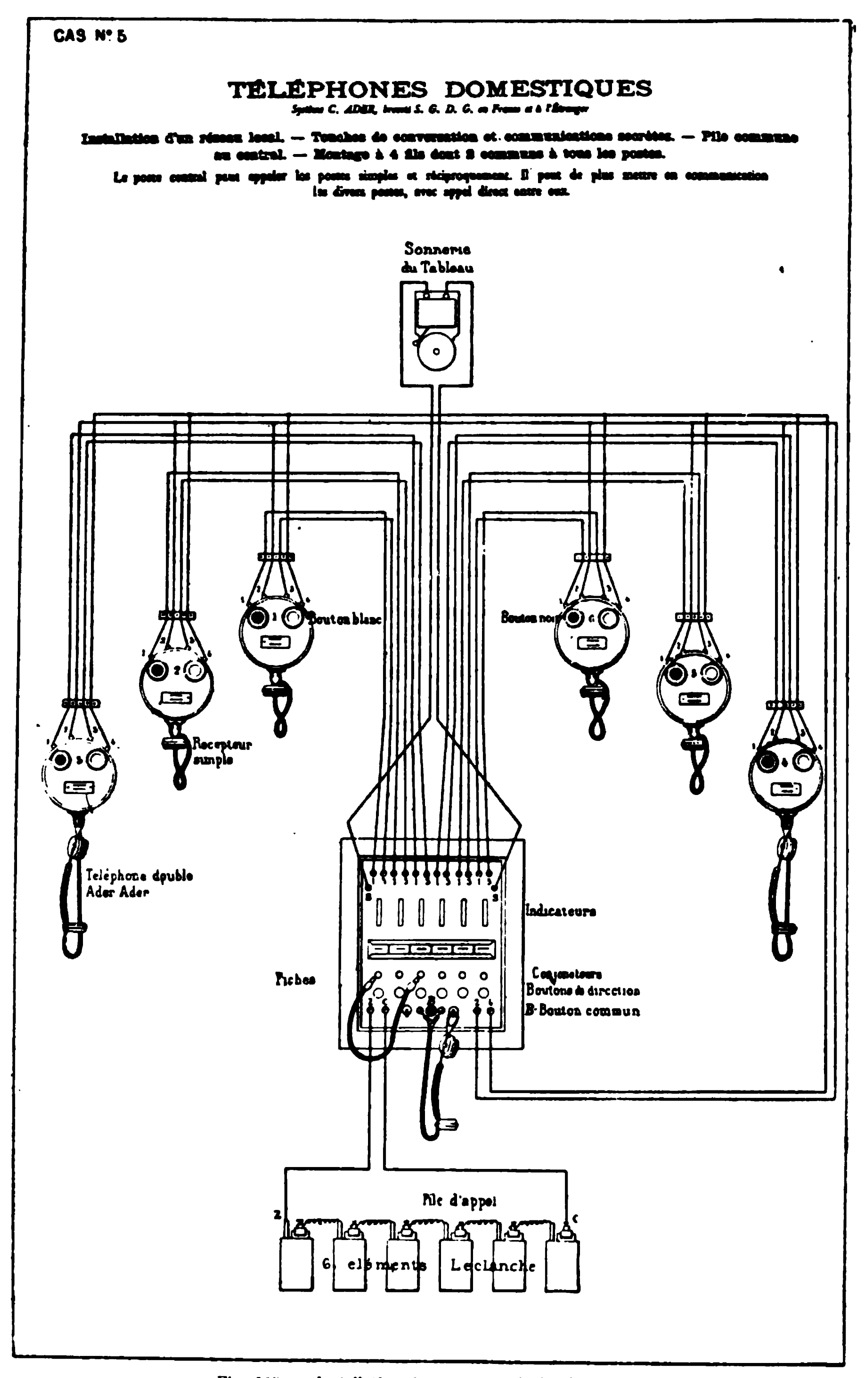


Fig. 985. — Installation d'un réseau téléphonique local.

Installation des boutons-téléphones. — Ces appareils se montent comme les sonneries. Il suffit de remplacer les boutons ordinaires par des boutons-téléphones et d'ajouter au poste de

service, qui n'a pas en général besoin d'appeler les autres, un bouton téléphonique particulier, différant des autres par l'absence de bouton d'appel *gh*, et par la présence dans le socle d'un commutateur spécial, qui met la sonnerie dans le circuit lorsqu'il est au repos et la remplace par le téléphone lorsqu'on prend le bouton à la main. La figure 988 représente une installation



Fig. 986. — Vue intérieure d'un bouton-téléphone. (Figure communiquée par M. Brault.)

de ce genre, dans laquelle les postes ordinaires peuvent appeler le poste de service sans réciprocité.

Il est utile de convenir d'un signal différent, selon qu'on veut faire venir la personne appelée ou lui parler. Dans le dernier cas, la personne qui appelle met immédiatement son téléphone à l'oreille : la personne appelée prend le téléphone de service et parle.

Il peut arriver que le poste de service soit

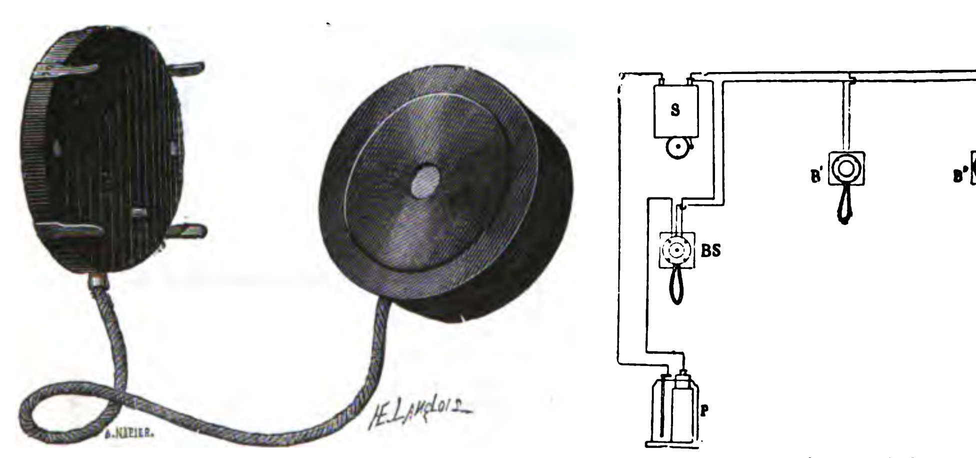


Fig. 987. — Vue extérieure d'un bouton-téléphone.

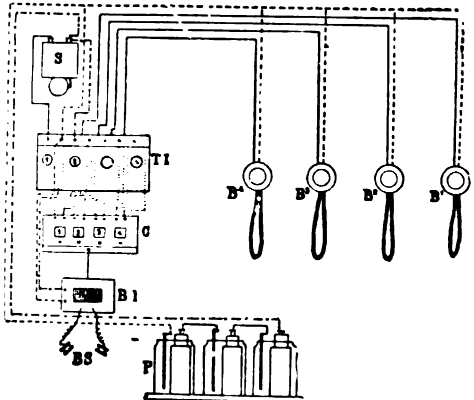
Fig. 988. — Installation de boutons-téléphones pouvant appeler le poste de service sans réciprocité.

muni d'un tableau indicateur. Cela ne change rien aux dispositions précédentes : on monte le tableau comme d'ordinaire, mais le poste de service sait alors d'où proviennent les appels, ce qu'il ignorait dans le premier cas.

Enfin on peut désirer qu'il y ait réciprocité et que le poste de service puisse attaquer les autres, ce qui rend l'installation un peu plus compliquée. On peut se servir alors du téléphone lui-même comme appareil avertisseur.

Pour cela on place au poste de service une bobine d'induction avec trembleur, dont le fil induit communique avec la ligne. Des boutons spéciaux permettent de fermer, au moment voulu, le circuit inducteur sur la pile, et d'envoyer en même temps les courants induits dans le téléphone du poste qu'on veut interpeller; ils y produisent des bruits assez intenses pour qu'on les entende dans toute une chambre.

Il est nécessaire dans ce cas que le circuit soit constamment fermé sur les boutons-téléphones pour que le poste de service puisse les appeler à volonté; mais d'autre part la pile doit être également dans le circuit afin que chaque poste puisse sonner au besoin : il faudrait donc ou bien laisser travailler la pile sans interruption, ce qui l'userait très vite, ou bien se



g. 989. — Installation d'un tableau indicateur et de boutons-téléphones pouvant appeler le poste de service sans réciprocité.

:rvir d'un plus grand nombre de fils, ce qui ›mpliquerait l'installation.

On évite ce double inconvénient en se ser- ıntdes coupe-circuit électrolytiques de M. d'Ar- ›nval. Chacun de ces appareils se compose de ıatre petits éléments secondaires fermés her- étiquement et formés de deux lames de fer ongeant dans une pâte humide à base de po- sse. Ces petits couples, dissimulés dans le ›cle des boutons téléphoniques et intercalés ıns le circuit, se chargent rapidement sous ıction du courant qui les traverse et, leur rce électromotrice faisant bientôt équilibre à lle de la pile, il ne passe plus de courant, en que le circuit soit fermé. Cela n'empêche s du reste le passage des courants très éner- ques de la bobine d'induction. La figure 989 ontre la disposition des fils dans ce dernier s.

Poire-téléphone. — La figure 990 montre une modification du téléphone précédent, qui est installé dans un appareil peu différent des poires d'appel ordinaires; on voit seulement que le bouton K est placé latéralement, la partie inférieure étant occupée par l'embouchure du téléphone. L'aimant A du téléphone a la forme d'un V renversé : il porte les bobines *bb*, au-dessous desquelles se trouve la membrane;

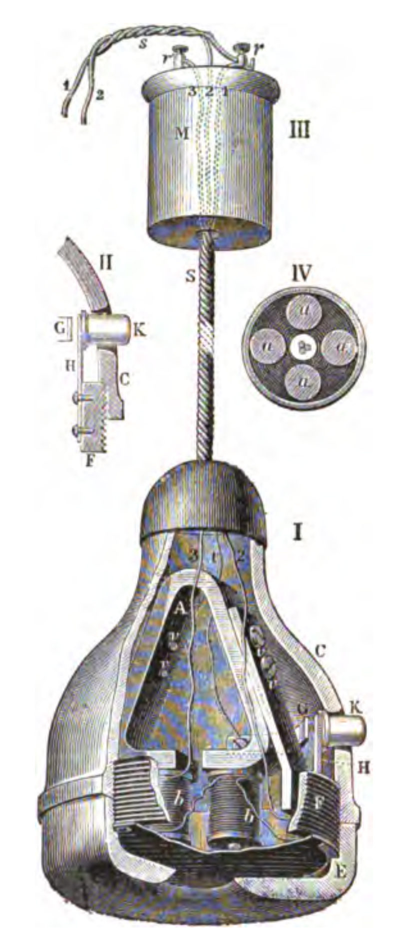


Fig. 990. — Poire téléphone.

le tout est fixé, par l'intermédiaire de quatre vis *v* et de deux lames de laiton, à la bague filetée F qui s'enlève facilement, lorsqu'on a dévissé le couvercle E.

Le bouton K est fixé sur un ressort H, relié à la masse, en face duquel se trouve un contact isolé G. Le cylindre d'ébonite M renferme un coupe-circuit électrolytique, formé de quatre petits éléments.

Le câble souple S renferme trois fils : le fil 1, venant du poste de service, s'attache à l'une

du coupe-circuit et au contact 2 relie directement le poste de asse du téléphone. Enfin le fil 3

part de la seconde borne … pour se rendre à l'une des … bines *b*, l'autre extrémité …



Fig. 991. — Home-téléphone.

éléphone et les accumulateurs *a* n circuit; le bouton d'appel est sur les bornes *rr'*.

Home-téléphone. — Le home-… senté fig. 991, est destiné … modèles precédents, aux usag…

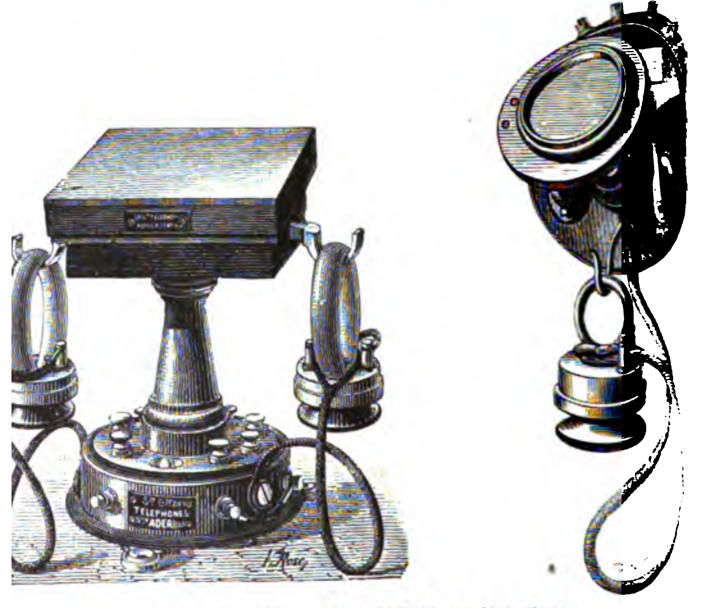


Fig. 992. — Postes microtéléphoniques domestiques.

ent se placer sur une installation éjà existante. Il est simple, d'une solide et ne se dérègle pas. La l'appareil au repos et en fonction.

Postes microtéléphoniques do… peut être utile, même dans la … mestique, de remplacer le trans… gnétique par un microphone; c…

ɔrsque la distance dépasse 100 mètres. On eut dans ce cas employer les postes micro-honiques décrits plus loin (Téléphonie urbaine); ous indiquerons seulement ici les dispositions ·s plus simples.

La figure 992 montre deux postes qui sont ɔmmodes et peu embarrassants, et convien-ɛnt particulièrement aux usages domestiques. ɛ premier est un poste mobile ou simplifié du ·stème Ader. Le transmetteur est fixé sur la ce inférieure d'une planchette formant pu-tre, et disposée au sommet d'une colonne obile. On peut ainsi placer l'appareil à vo-nté sur une table, sur un bureau, partout où ɔn en a besoin. Deux téléphones du même inventeur, destinés à utiliser les deux oreilles, sont suspendus à des crochets dont l'un sert de commutateur automatique. Le bouton d'appel se voit en avant. Un cordon souple composé de sept conducteurs recouverts de soie raccorde le poste avec les fils de ligne, de sonnerie et de pile, au moyen d'une planchette à quatorze bornes que l'on fixe au mur au point de jonction des fils.

Le second modèle est du système Berthon-Ader. Le transmetteur Berthon est disposé sur une applique ronde qu'on fixe au mur, et qui est muni d'un bouton d'appel et de bornes d'attache. Un crochet formant commutateur automatique supporte un récepteur Ader.

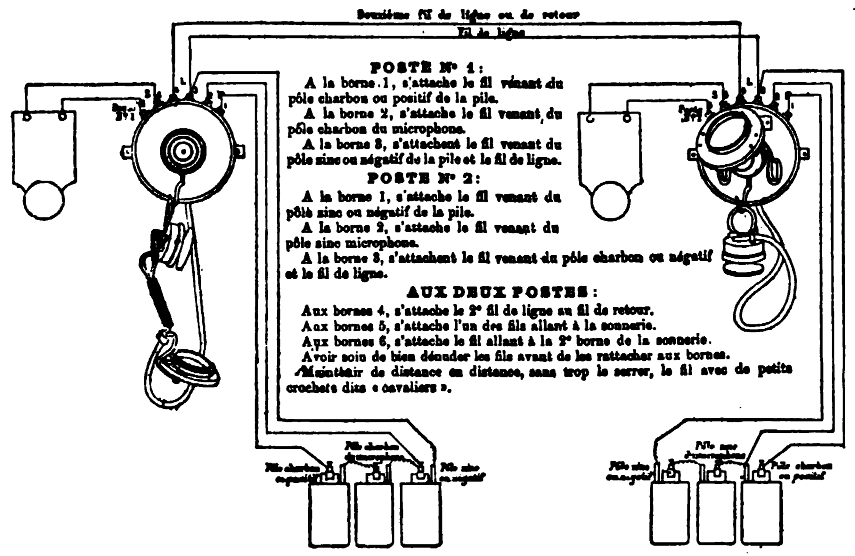


Fig. 993. — Installation de deux postes microtéléphoniques avec deux fils de ligne et deux piles.

Nous avons décrit à l'article Microphone d'au-s postes microphoniques destinés aux usages nestiques.

nstallation de deux postes microtéléphoniques. Il faut avoir soin de ne pas mettre trop d'élé-nts de piles sur le microphone : trois couples ·lanché suffisent toujours largement, tandis ɛ le nombre nécessaire pour les sonneries ʒmente avec la distance. Nous supposerons bord, comme pour les téléphones, qu'on ıille installer deux postes microtéléphoni-ɛs complets, permettant chacun d'appeler, parler et d'entendre. Ici, comme dans le cas téléphones magnétiques, l'installation peut 'aire de deux manières différentes, soit avec ıx fils de ligne et deux piles distinctes, une ıaque poste, soit avec une seule pile et trois fils de ligne. Quelle que soit la combinaison adoptée, il ne faut pas mettre dans ce cas plus de deux éléments sur le microphone, ainsi que le montrent les figures 993 et 994. La première représente l'installation réalisée avec deux piles distinctes. Le poste n° 2, c'est-à-dire celui de droite, est semblable à celui de la figure 992; le poste n° 1 porte le téléphone et le microphone suspendus au crochet automatique et réunis l'un à l'autre par une poignée métallique garnie. Les deux appareils ainsi montés s'appliquent facilement l'un devant la bouche, l'autre à l'oreille, et la main droite peut rester libre, ce qui permet d'écrire en même temps. Chaque pile se compose de trois éléments Leclanché dont deux seulement servent pour le microphone et les trois pour la sonnerie. Les

res bornes de chaque poste com-
rec les fils de ligne et les sonne-
3 reçoit aussi à gauche le pôle
te le positif; la borne 1 est reliée
Enfin aux bornes 2 s'attachent à
positif, à gauche le négatif des
tinées aux microphones (1).
4 représente la même installa-
e avec une seule pile. Le n° 2 est
même manière, si ce n'est que le
e ligne, le fil rouge, s'attache à la
reçoit aussi le pôle positif de la
tinée aux sonneries. Dans le poste

n° 1, les bornes 2 et 3 s...
bout de fil de cuivre.

Installation d'un p... *postes simples.* — Les di...
présenter dans l'install...
phoniques sont les mêm...
rencontrés à propos des...
inutile de les énumérer d...
sirons encore ici un autr...
de postes simples pouvan...
sans réciprocité. C'est ...
lorsqu'on veut réunir ...
partement ou d'une m...

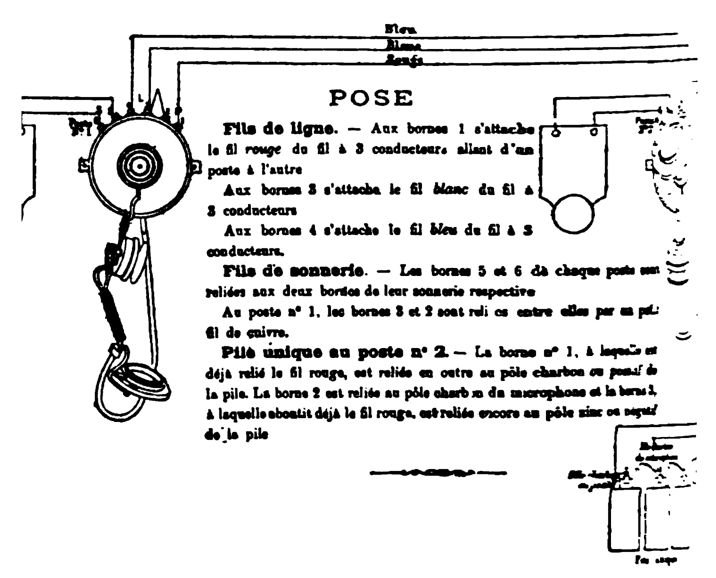


Fig. 994. — Installation de deux postes microtéléphoniques avec une seule pile et ...

rte le complément d'une installa-
de sonneries électriques, et l'on
souvent utiliser pour faire cette
s fils, tableaux indicateurs, son-
déjà existants.
tral doit avoir ici un tableau in-
lable à ceux des sonneries, pour
nt l'appel entendu, une sonnerie,
uble, récepteur et transmetteur,
lanchette munie de bornes pour
ne, de conjoncteurs et d'un cor-
e pour établir la communication
appelant. Les conjoncteurs spé-
s à cet effet portent le nom de
es postes simples, composés ici
ec appareils Berthon-Ader, n'ont

nde et la figure 993 on a inscrit :
microphone au lieu de pôle zinc,
ent.

pas besoin de sonneries. ...
quatre à six éléments, d...
pour les microphones. ...
postes. La figure 995 repr...
tion établie avec le poste n° ...
disposition des fils, qui ...
lement.

La figure 996 montre un p...
formé d'un pupitre sur le...
leviers commutateurs, et d...
porte des annonciateurs à di...
à l'intérieur est la bobine d'...
reil comprend en outre un ta...
automatique, une sonnerie et ...
mutateur supportant l'appa...
Ce poste peut être établi pour ...
tiques. Cette disposition a ...
bureaux de la Compagnie ...
Banque franco-égyptienne.

Lorsqu'on fait usage d'un transmetteur microphonique, il est indispensable de l'actionner par une pile; si même on se sert d'un simple téléphone magnétique, on a encore besoin le plus souvent d'une pile pour la sonnerie d'appel. Il est à peine nécessaire d'ajouter que la pile Leclanché est celle qui convient le mieux ici, de même que dans toutes les applications

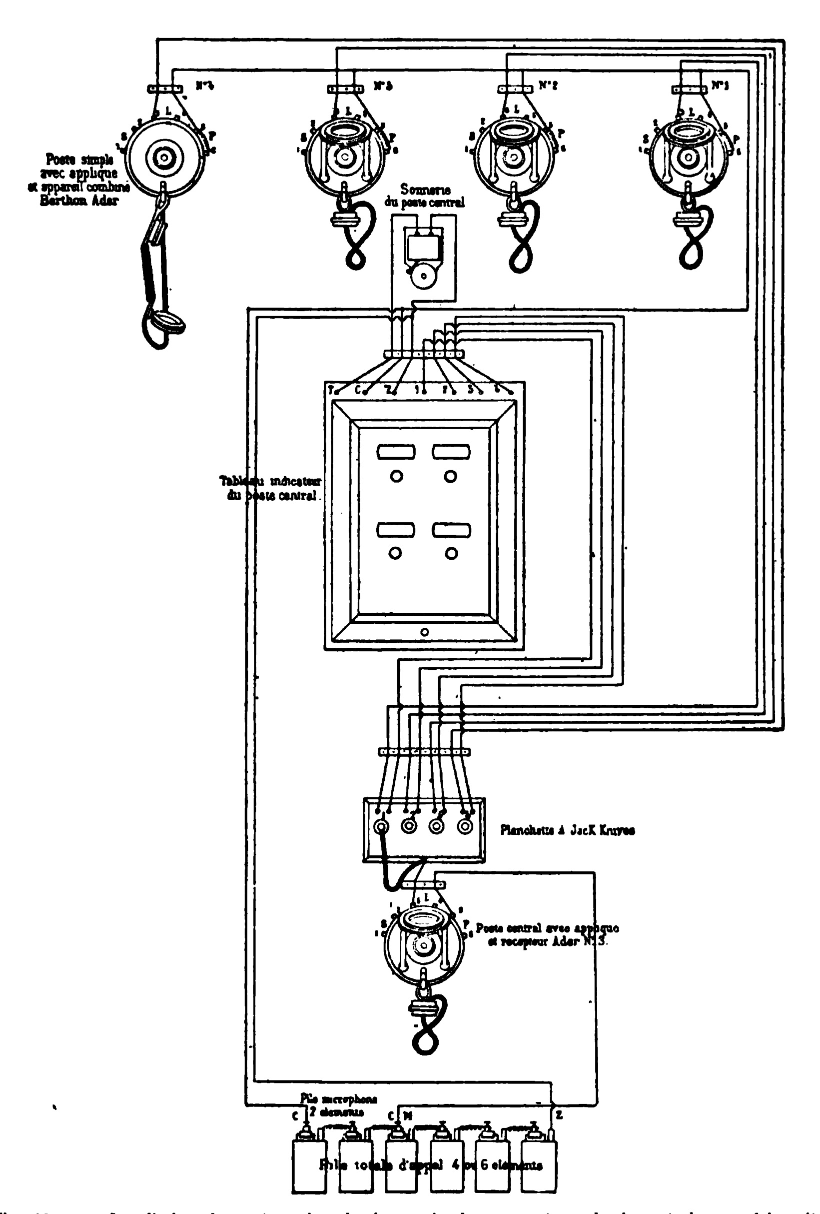


Fig. 995. — Installation de postes microphoniques simples pouvant appeler le central sans réciprocité.

qui n'exigent qu'un service intermittent. Le nombre d'éléments nécessaire pour la sonnerie augmente un peu avec la distance : il ne dépasse pas en général quatre à six éléments. Pour le microphone au contraire, il est indépendant de la distance : deux ou trois éléments au maximum suffisent toujours, mais l'on se sert au besoin d'une bobine d'induction, comme pour la téléphonie urbaine.

Téléphonie urbaine. — Dans la téléphonie urbaine, on fait toujours usage de postes microtéléphoniques. Ceux qui ont été décrits à l'article

t dans le paragraphe précédent, en
premier modèle de la figure 992,
parfaitement.

La figure 997 représ...
bile, système Berthon-Ader
jou ou en bois noir, conte...



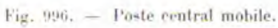


Fig. 996. — Poste central mobile.

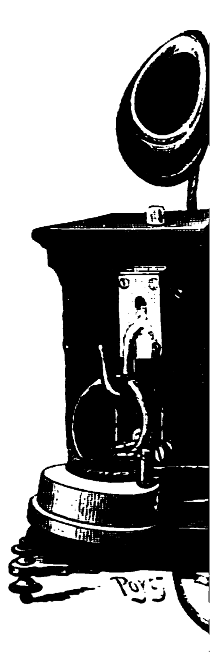
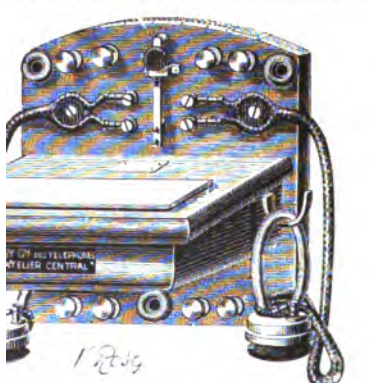


Fig. 997. — Poste mo...

est muni d'un crochet commuta-



. 998. — Poste fixe système Ader.

e le téléphone et d'un bouton d'ap-
ophone se voit à la partie supé-

rieure. Cet appareil est ind...
poser sur une table, un bur...
quelconque.

Le poste de la figure 998 se...
traire d'un microphone Ader, ...
pitre, renfermant la bobine d...
muni en outre d'une clef d'a...
tonnerre, d'un crochet com...
bornes nickelées pour les c...

Enfin la figure 999 représ...
thon-Ader muni d'une sonn...
trique. On voit la sonnerie, la
magnéto, la bobine d'indu...
commutateur, qui porte le t...
crophone, enfin une boîte en ...
renfermant un grand élémen...
tionne le microphone. Un ...
peut être suspendu à droite

Quelle que soit la distance à parcourir, les ıicrophones sont toujours actionnés par un etit nombre de piles, parce que le microphone e communique jamais directement avec le réepteur.

Si l'on se contentait en effet d'établir un cirıit contenant la pile, le transmetteur microhonique et le téléphone récepteur, la résis.nce de ce circuit augmentant avec la distance, intensité du courant diminuerait, ainsi que s variations d'intensité qui mettent le récepteur en action, et les sons transmis deviendraient de moins en moins distincts.

Pour remédier à cet inconvénient, on fait généralement usage d'une bobine d'induction servant d'intermédiaire et placée généralement dans le support même des postes, comme on le voit sur la figure précédente. Le fil primaire de cette bobine est seul mis en circuit avec la pile et le microphone. Les variations du courant primaire produites par le téléphone font naître des courants induits dans le fil fin, qui

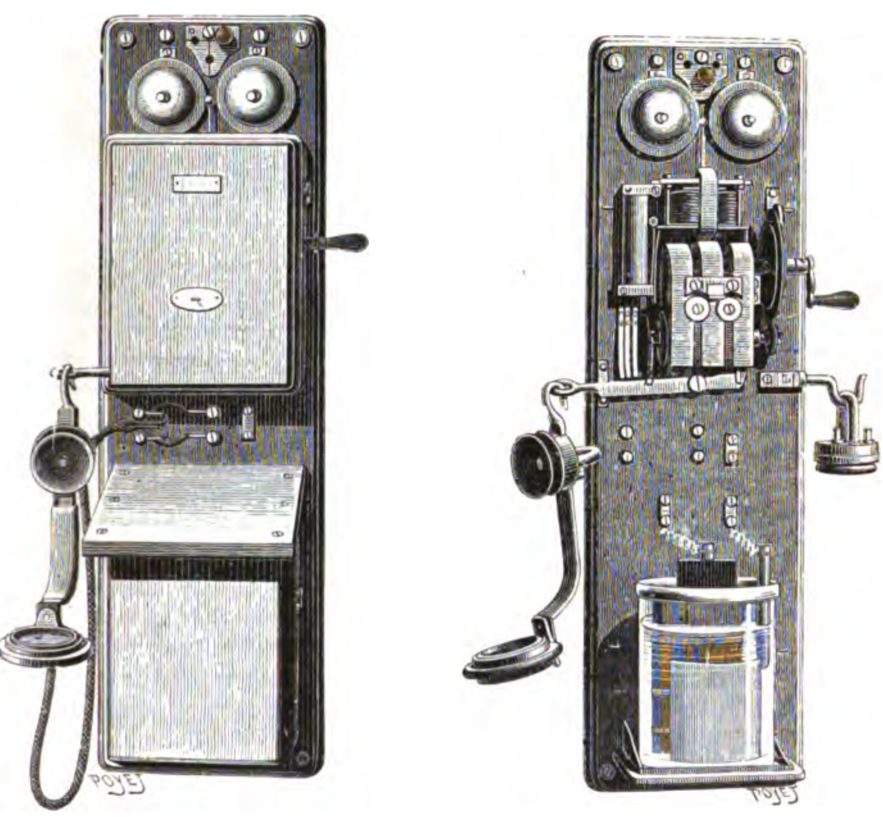


Fig. 999. -- Poste avec sonnerie magnétique. (Société des téléphones.)

relié au récepteur. Ce sont ces courants qui t parler le téléphone.

.es lignes téléphoniques qui relient entre : les abonnés d'une même ligne peuvent : composées d'un seul fil avec retour par la :e, comme les lignes télégraphiques.

lais ce système ne manque pas d'inconvénts, surtout lorsqu'il existe dans le voisinage fil unique d'autres conducteurs servant à transmissions télégraphiques ou téléphonis; il peut se produire alors des courants ıduction tout à fait gênants. On sait en effet que, pour envoyer une dépêche, il faut lancer dans le fil télégraphique une série de courants interrompus, dont chacun produira dans tout fil voisin deux courants induits de sens contraires. Si l'on applique à ce moment l'oreille au téléphone récepteur, on percevra, par suite de ces phénomènes d'induction, une série de bruits sans suite, qui pourront, s'ils sont assez intenses, empêcher d'entendre la parole de l'interlocuteur. Il en sera à peu près de même si le fil est placé près d'un autre conducteur téléphonique : on percevra alors la conversation

s le conducteur voisin, en même
e qu'on doit entendre, mais avec
moindre; dans certains cas, ce
ı simple bruissement, mais ce
'ort incommode.
stèmes ont été essayés pour re-
nconvénient. M. Hughes a pro-
er les deux fils, de sorte qu'ils
ivement l'un au-dessus de l'au-
côté de l'autre. Un procédé plus
e à employer toujours deux fils
même câble, comme le fait la
léphones de Paris. Si un autre
trouve dans le voisinage des
oduit à tout instant dans chacun
ırants d'induction égaux et de
Mais, comme les deux fils sont
sens contraire par les courants
transmettre la conversation télé-
réalité les courants induits s'a-
rant normal dans l'un des fils et
nt dans l'autre : comme ils sont
ıx effets se compensent. Il y a
ı placer les deux fils téléphoni-
s que possible l'un de l'autre,
ans un même câble.
raux. — Lorsque le téléphone
nombre plus ou moins considé-
s, il serait impossible de placer
ıur mettre chacun d'eux en com-
ecte avec tous les autres. On éta-
ou plusieurs bureaux centraux,
eçoit les fils des abonnés d'un
. Lorsqu'un abonné désire parler
ersonne, le bureau auquel il est
ectement la communication avec
, si elle dépend de ce même bu-
lle établit la communication avec
ıel est reliée la personne appelée,
son tour met en communication
nés.
r ce résultat, le bureau central
les commutateurs nécessaires à
t des communications et les ap-
t à faire connaître les abonnés
En France et en Amérique, on
ommutateurs appelés *jack-knives.*
diqué à ce mot et à l'article Indi-
nt se font les appels et comment
s communications : il nous reste
nt à décrire l'installation des bu-
x.
ation est plus ou moins compliquée
mbre des abonnés. Celle qui est
ig. 1000) est disposée pour vingt-

cinq abonnés. Les annonc...
knives sont fixés sur un pa...
ce qui permet de les visiter à...
neau porte également l'appa...



Fig. 1000. — Bureau central avec ...

nique destiné à l'employé, les ...
sonneries, de changement de ...
de suspension des cordons, ...
rieure est une *rosace* à laqu...
lignes des abonnés; les fils ...

arallèlement aux annonciateurs et aux jack-nives. Ce poste se construit pour simple fil et our double fil. Dans le premier cas, les contacts e rosace forment paratonnerre. Ici les abonnés tant tous réunis sur un même tableau, les ommunications s'établissent facilement à l'aide e conducteurs souples à deux fiches (Voy. JACK-NIFE).

Lorsqu'on a plus de cinquante abonnés à réu-r, il devient difficile de les placer sur un même tableau; on les répartit alors sur un nombre de tableaux plus ou moins grand. Ces tableaux sont souvent groupés par deux; chaque groupe porte un numéro; celui de la figure 1001 a le numéro 3. Mais, lorsque deux abonnés appartiennent à des tableaux un peu éloignés, il faudrait, pour les réunir directement, des conducteurs fort longs et d'un maniement incommode; lorsque ces conducteurs seraient nombreux, ils s'emmêleraient et souvent on détacherait l'un par accident en détachant l'autre. our éviter cet inconvénient, on a placé, sous que groupe de tableaux, une série de con-cteurs ou de jacks, n'ayant qu'un seul trou as de ressort. Ces appareils sont divisés en rangées verticales, désignés par les lettres , C, D, E, F, et en rangées horizontales, dont ombre peut s'élever jusqu'à quinze. Les tre premières rangées horizontales sont des-es aux *lignes auxiliaires*, c'est-à-dire à celles vont aux autres bureaux; les suivantes servent pour les *lignes d'abonnés* aboutissant aux autres tableaux du même bureau. Leur nombre est égal à celui des groupes du bureau. Ces jacks sont reliés ensemble de la manière suivante : tous les A d'une même ligne horizontale communiquent par un fil continu, de même tous les B, etc. Les liaisons n'existent donc que dans une même rangée. Chaque ligne horizontale est réservée aux communications avec le groupe dont elle porte le numéro. Enfin, au bureau central de l'avenue de l'Opéra, qui

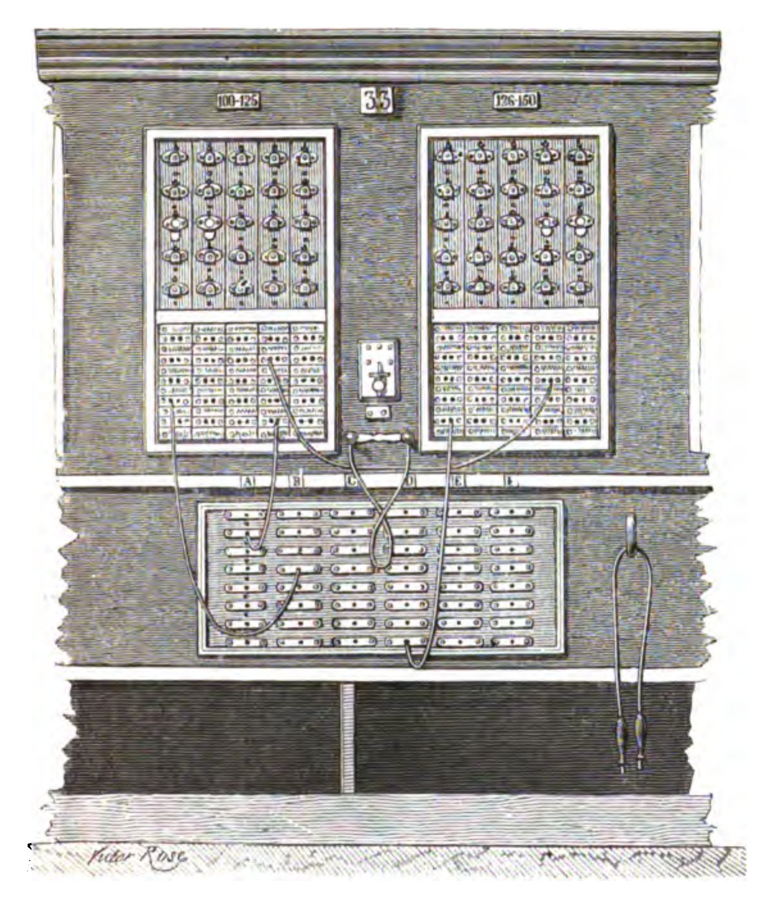


Fig. 1001. — Groupe de tableaux.

groupes différents du même bureau, on utilise les jacks situés au bas du tableau. L'abonné appelant est relié avec l'un des jacks de la ligne portant le numéro du groupe de l'abonné appelé ; on choisit le premier qui est libre. Si

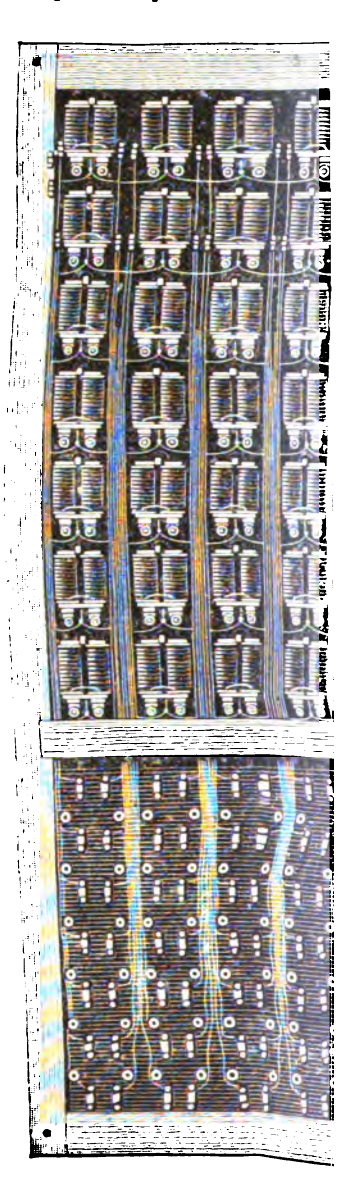


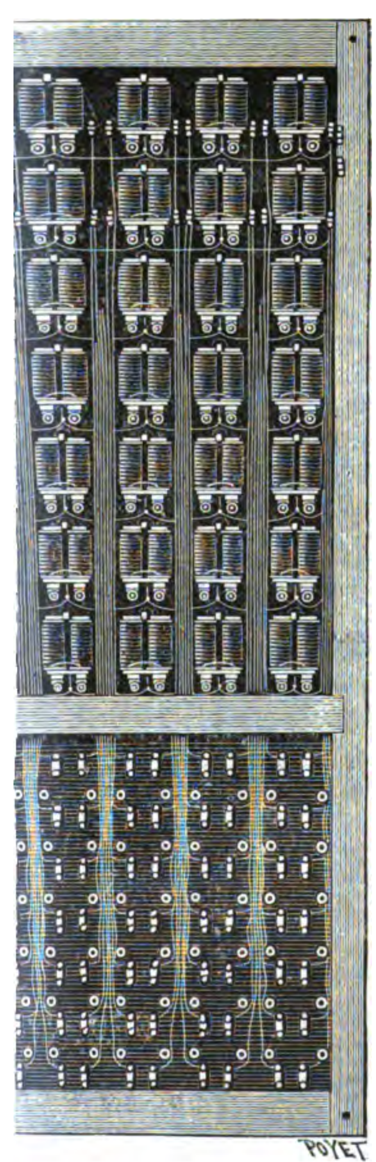
Fig. 1003. — Tableau pour 4

les abonnés du bureau jumeau ou des autres bureaux s'établissent de même.

Dans d'autres bureaux, les abonnés sont groupés par tableaux de 49 cases. Les figures 1002 et 1003 montrent la vue extérieure et intérieure d'un de ces tableaux, avec les indicateurs et

e
é
a
é
si

le jack A est déjà occupé, on place la cheville dans le jack B. L'employée se rend ensuite au groupe de la personne appelée, et fait communiquer cet abonné avec le jack B de la même ligne de ce groupe. Les communications avec



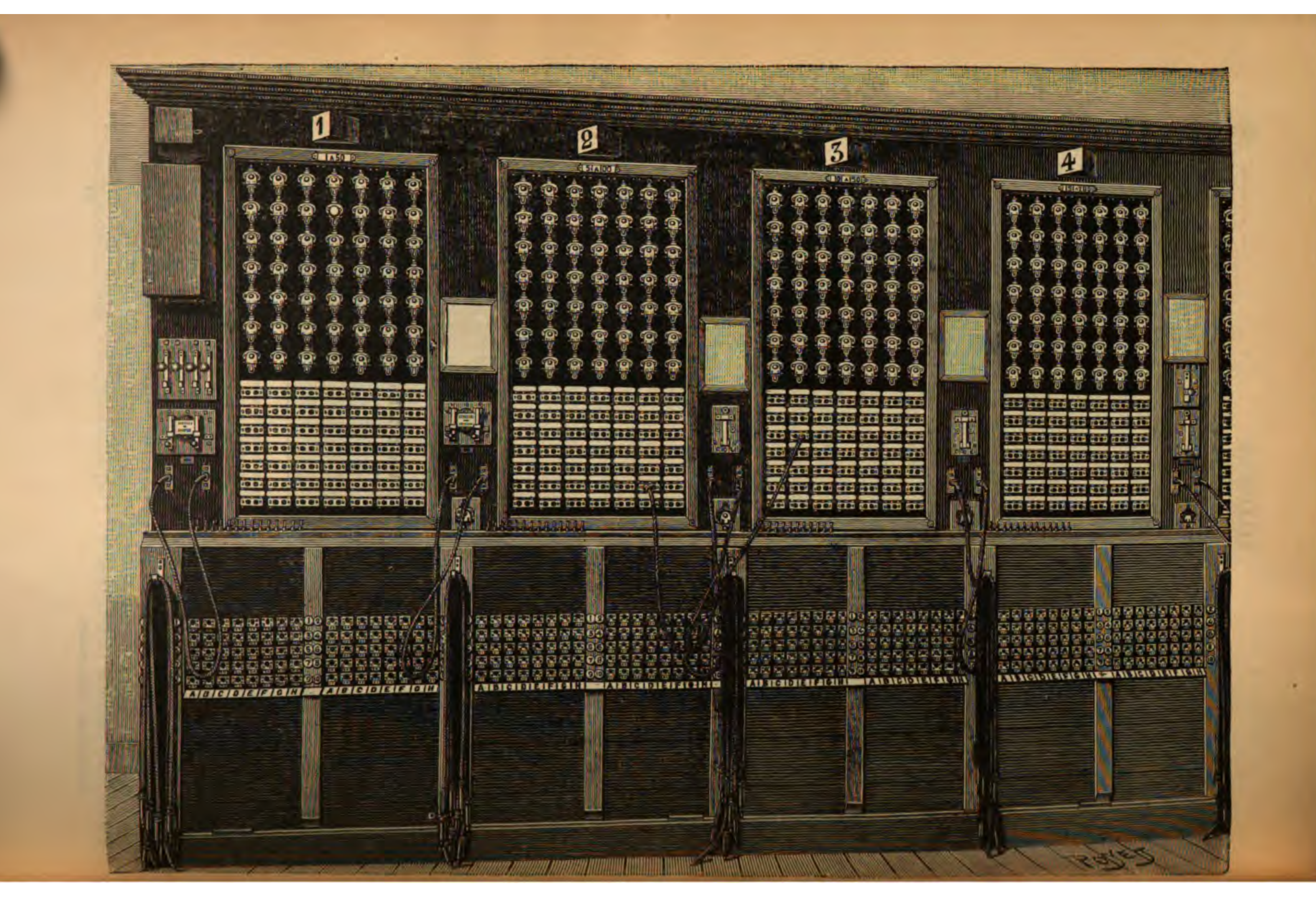
…leau pour 49 abonnés (vue intérieure).

autres

s sont
es 1002
érieure
eurs et

la disposition des fils. La figure 1004 représente la perspective du bureau C, récemment installé à la Villette. La partie représentée comprend 4 tableaux de 49 cases et peut desservir par suite environ 200 abonnés.

Nous représentons enfin (fig. 1005) un type


1
2
3
4

gnoles, où les réseaux téléphoniques ont pris un grand développement; il permet de créer une installation pour un petit nombre d'abonnés et de la développer peu à peu, suivant les



réseaux espagnols) (Société générale des téléphones).

bre des abonnés ne dépasse pas vingt-cinq. Dès qu'il s'en présente un vingt-sixième, on ajoute un second panneau de vingt-cinq numéros, et ainsi de suite, chaque fois que le nombre croissant des abonnés l'exige. Ces panneaux se juxtaposent facilement, et leur ensemble forme

ommunication, il suffit de désigner, au bureau entral, l'abonné avec lequel on veut parler par e numéro d'ordre placé avant son nom dans la iste des abonnés (BRAULT, *Histoire de la télé-honie*).

L'entrée des câbles dans les bureaux cen raux doit être faite avec le plus grand soin, ause du nombre considérable des conducteurs u bureau central de l'avenue de l'Opéra 'égout, qui est placé sous le trottoir voisin, e



Fig. 1008. — C

rées en planches, dans l'intérieur desq les câbles se dépouillent de leur envelop plomb, se divisent et se distribuent en r autour d'ouvertures circulaires pratiqué les quatre faces des chambres. De chaque sortent sept lignes à deux fils, qu'on iso de l'autre sur le bord de l'ouverture p boules en caoutchouc (fig. 1007), et qui a sent à des serre-fils doubles fixés alter ment suivant deux circonférences con ques. Les sept lignes d'un même câble

relié au mur par un branchement particulier : une plaque métallique, percée de 365 trous, laisse passer autant de câbles formés chacun de 14 fils simples. Un regard pratiqué sur le trottoir donne accès au branchement. A leur sortie de l'égout, les câbles sont réunis en faisceaux et conduits, par des caniveaux en bois, aux *chambres à rosaces* (fig. 1006), placées au-dessous du bureau central.

Ces chambres sont des constructions car



'er pour fils téléphoniques.

couleurs différentes. Cette disposition facilite la recherche des dérangements et permet de grouper ensemble les abonnés qui ont de fréquentes communications, sans changer les fils qui vont au tableau.

Chaque circuit de deux fils se prolonge ensuite jusqu'aux commutateurs par des fils isolés, appelés *fils paraffinés*, qui passent dans un caniveau en bois placé entre le plancher de la pièce et un faux plancher placé au-dessus. Ce caniveau longe le corridor formé par les deux

panneaux qui portent les tableaux. Les fils se distribuent, à mesure qu'on avance, aux divers commutateurs.

La chambre des piles est généralement placée à côté de la chambre des rosaces. On emploie à Paris des éléments Leclanché et Lalande. Pour éviter la polarisation, on change les piles en service toutes les demi-heures à l'aide de commutateurs à manette; ce changement s'effectue automatiquement.

La téléphonie à l'étranger. — En Suisse et en Belgique, notamment au bureau central de Mons, on emploie un système de commutateurs un peu différent, et qui a l'avantage d'occuper assez peu de place.

Dans certains pays, les bureaux centraux comportent un nombre d'abonnés beaucoup plus considérable, de sorte qu'il suffit souvent d'un seul bureau pour une ville entière.

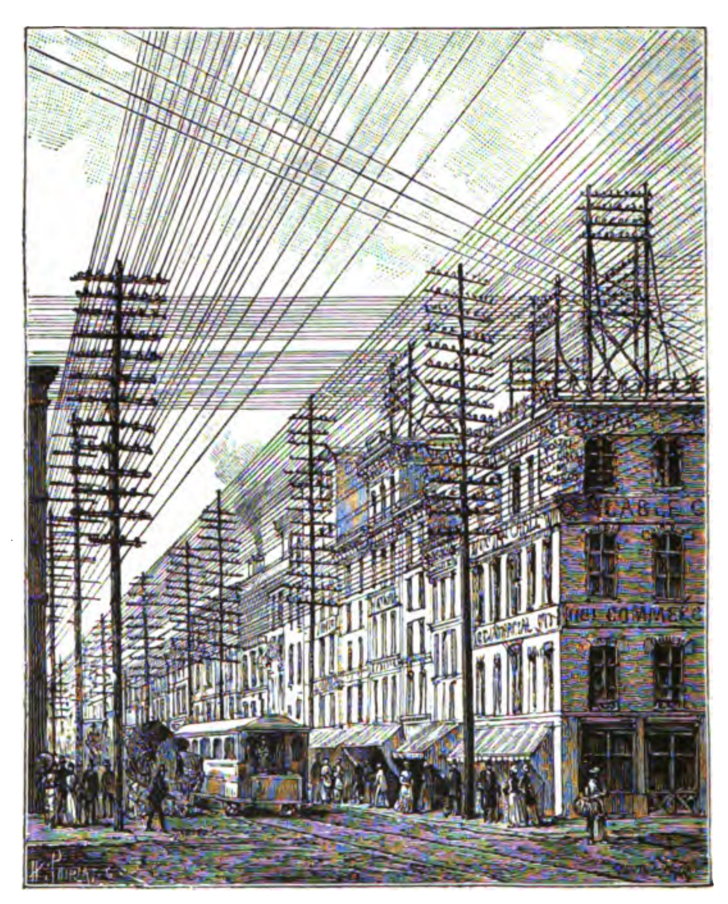


Fig. 1009. — Les fils aériens à Philadelphie. (Figure communiquée par M. Brault.)

En Angleterre, la téléphonie s'est rapidement développée; mais, à Londres, l'exploitation du réseau présente des difficultés considérables à cause de l'immense étendue de la ville, de l'irrégularité de construction des rues, des maisons et des toitures. La canalisation est aérienne: les fils sont soutenus par des poteaux en fer placés sur les toits. Près des bureaux centraux, les poteaux sont remplacés par des constructions spéciales en fer forgé, appelées *cages* (fig. 1008). Cette sorte de tour est fixée sur une forte charpente métallique, supportée elle-même par les murs du bâtiment. Elle comporte plusieurs étages, avec des plate-formes à l'intérieur, d'où l'on peut manipuler les fils sans danger. Ceux-ci sont fixés d'ordinaire à des isolateurs en porcelaine; une cage peut supporter 1200 à 1500 fils.

Le bureau central de Stockholm est surmonté d'une cage analogue, portant 8000 isolateurs en porcelaine.

C'est en Amérique que le téléphone a pris naissance; aussi le premier réseau fut-il établi

à New-York en 1877. C'est en Amérique que les installations téléphoniques sont le plus nombreuses. La figure 1009 montre l'enchevêtrement des fils électriques aériens à Philadelphie, à l'angle de *Chestnut street* et de *Third street*. (Voy. J. Brault, *Histoire de la téléphonie*.)

Téléphonie à grande distance. — Dès l'origine des téléphones, on a cherché à établir des communications entre les villes différentes. Des expériences nombreuses ont été faites dans tous les pays, notamment en Amérique. Le 25 janvier 1880, la communication a été établie avec succès entre le bureau télégraphique de la rive gauche du Missouri, en face d'Omaha, et le bureau de l'American Union, à Saint-Louis (434600 mètres). La plus grande distance franchie est celle de San-Francisco à Tor-Bay (Nouvelle-Écosse) par la voie de New-York; la distance est de 4372,5 kil., dont 636 kilomètres par câble sous-marin.

Avec un fil de cuivre de 2,1 mm., on peut correspondre pratiquement à 500 kilomètres, avec un fil de 2,6 mm. à 941 kilomètres, avec un fil équivalant à 5 millimètres à 1775 kilomètres, et il paraît certain qu'avec le même fil on correspondrait encore à 3250 kilomètres.

Téléphonie par les fils télégraphiques. — Pour téléphoner à grande distance, on a songé dès l'origine à utiliser les poteaux des fils télégraphiques pour supporter les conducteurs téléphoniques; mais on fut arrêté immédiatement par un obstacle sérieux : les courants télégraphiques faisaient naître dans les fils des téléphones des courants induits, qui troublaient complètement la transmission en produisant un crépitement continuel. Beaucoup d'inventeurs ont cherché la solution de ce problème. Nous citerons notamment les travaux de MM. Cornélius Herz, Brasseur, Maiche, Langdon Davies, etc.

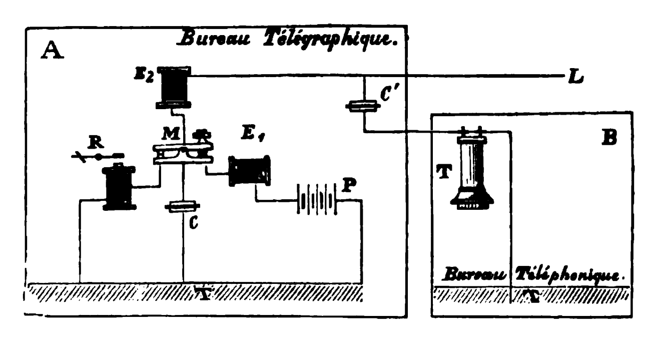


Fig. 1010. — Dispositif anti-inducteur de Van Rysselberghe.

Le seul système actuellement entré dans la pratique est celui de M. Van Rysselberghe (1882), qui consiste à graduer les courants télégraphiques; au lieu de commencer et de cesser brusquement, ces courants augmentent alors lentement et décroissent ensuite de la même manière. Pour cela, l'inventeur place dans le circuit télégraphique des électro-aimants ou des condensateurs, ou mieux les deux sortes d'appareils à la fois. Ces instruments dérivent une partie de l'électricité au moment où le courant s'établit, et la rendent ensuite lorsqu'il cesse, ce qui enlève toute brusquerie à l'émission et à l'extinction, bien que cette graduation n'ait qu'une durée inappréciable. Dans ces conditions, la membrane fléchit encore, mais elle ne vibre plus, et par suite ne donne plus de son au passage du courant télégraphique.

De plus le système Van Rysselberghe permet d'utiliser les fils mêmes du télégraphe pour la téléphonie. Il suffit de compléter l'appareil anti-inducteur par un dispositif qui assure l'indépendance des deux services, ou qui établisse entre la ligne télégraphique et l'embranchement téléphonique une séparation suffisante pour arrêter les courants du télegraphe, mais qui laisse passer les courants ondulatoires et plus intenses de la téléphonie.

La figure 1010 montre le dispositif anti-inducteur. M et R représentent le manipulateur et le récepteur d'un appareil télégraphique quelconque. Deux électro-aimants graduateurs E_1 et E_2 sont placés, le premier entre la pile P et le manipulateur, le second entre cet appareil et la ligne L. Un condensateur C est placé en dérivation sur la ligne entre les deux électro-aimants. Un autre condensateur C', de faible capacité, est intercalé entre la ligne et le poste téléphonique T.

Mais on sait que la téléphonie exige, pour éviter tout effet d'induction, un circuit complè-

tement métallique, avec fil de retour. M. Van Rysselberghe a complété son système par un dispositif qui permet d'accoupler deux fils télégraphiques pour constituer le circuit téléphonique. L_1 et L_2 sont les deux fils télégraphiques (fig. 1011), L_3 un fil allant au bureau téléphonique, C_1 et C_2 deux condensateurs de faible capacité. Les deux bobines différentielles B_1 et

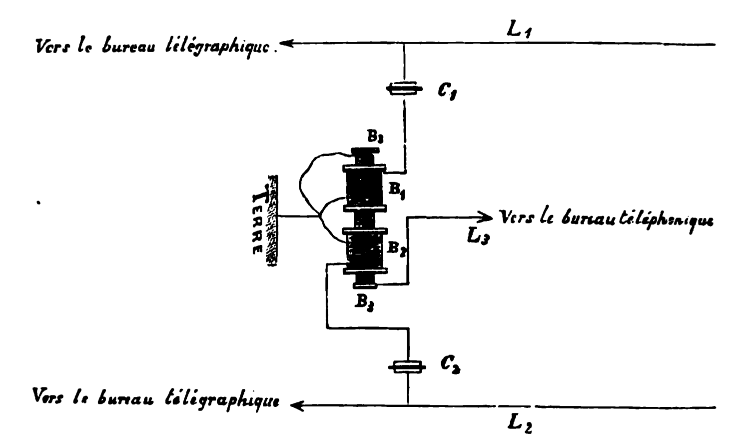


Fig. 1011. — Translateur phonique.

B_2 induisent une troisième bobine B_3; ces bobines communiquent respectivement avec les fils L_1, L_2, L_3, et avec la terre par l'autre extrémité. Il est évident que les appareils télégraphiques qui desservent les lignes L_1 L_2 doivent être munis du dispositif anti-inducteur.

Dans ce système, on ne peut employer ni les sonneries trembleuses, ni les sonneries magné-

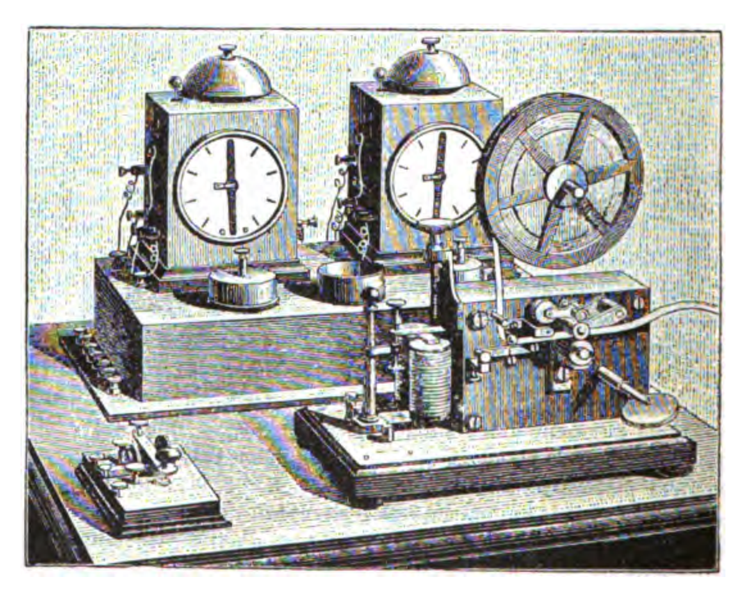


Fig. 1012. — Poste Morse muni des appareils anti-inducteurs Van Rysselberghe.

tiques. MM. Sieur et Van Rysselberghe ont combiné un système d'appel qui utilise les appareils téléphoniques eux-mêmes. La figure 1012 montre un poste télégraphique Morse, muni des appareils complets du système Van Rysselberghe.

Ce système, essayé d'abord entre Bruxelles et Anvers, fut ensuite adopté dans toute la Belgique : il a permis d'approprier à la téléphonie, relativement à peu de frais, la plupart des fils du réseau télégraphique de l'État. Il a été appliqué également à la ligne Paris-Bruxelles le

24 février 1887. Enfin, depuis cette époque, il a

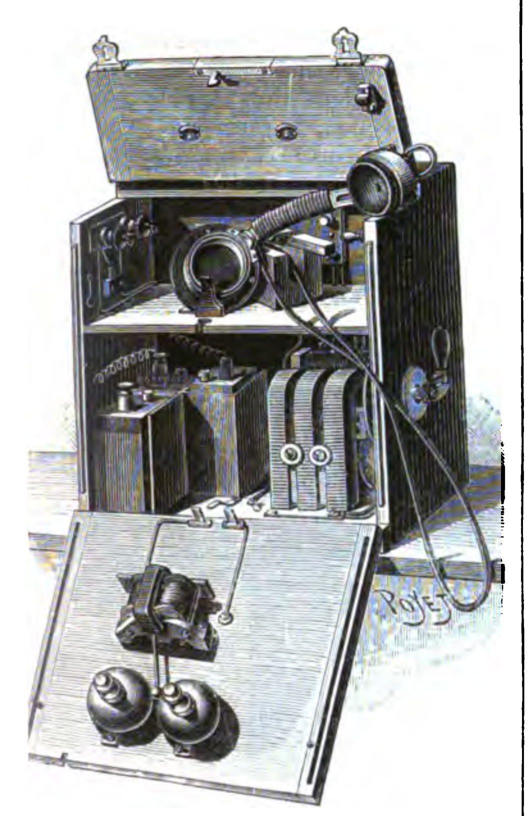


Fig. 1013. — Poste militaire Berthon-Ader.

.é installé sur quelques lignes dans la plupart es contrées de l'Europe.

Téléphonie militaire. — Les postes microtéléphoniques présentent de nombreuses applications pour le service militaire. Ils peuvent rendre des services sérieux dans les camps, les stations de commandement, les avant-postes, le service des fortifications, les polygones, les champs de tir de l'artillerie, la défense des forteresses.

Les premières expériences furent faites à Metz en 1879, sous la direction d'un officier du génie. En 1880, le téléphone fut appliqué en Amérique aux expériences d'artillerie, afin de mesurer le temps employé par les projectiles des petites armes pour atteindre le but. Il fut ensuite expérimenté au camp de Wimbledon, près de Londres, en 1882, et fournit un service extrêmement actif pendant les cinq jours que durèrent les manœuvres. Enfin le téléphone fut essayé en France (avril 1882) par le colonel Leperche, du 89e de ligne, entre le pont d'Asnières, près de Paris, et l'Arc-de-Triomphe de l'Étoile; une ligne mobile fut posée rapidement par les soldats, et la communication s'établit parfaitement. Depuis cette époque, un certain nombre de postes téléphoniques ont été combinés en vue de ces applications spéciales. Nous avons déjà décrit plus haut le microphone Drawbaugh.

Poste Berthon-Ader. — L'Administration des téléphones construit un poste très portatif (fig. 1013), qui est enfermé dans une boîte en chêne de 0,242 m. sur 0,275 m., avec poignée et verrou en cuivre, et comprend : un appareil microtéléphonique Berthon-Ader, une sonnerie

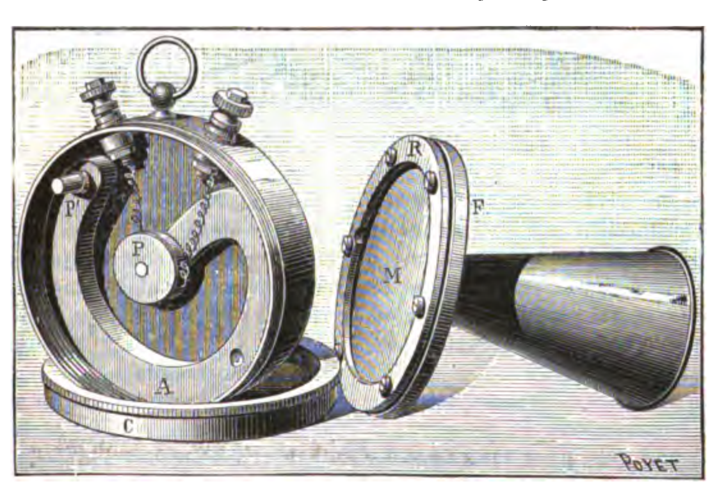


Fig. 1014. -- Téléphone Colson.

ıppel magnéto-électrique (transmetteur et répteur) une bobine d'induction, un commutateur pour la pile du microphone, trois éléments étanches, à l'agar-agar, renfermés dans des

vases d'ébonite, enfin des bornes pour le raccord des fils de ligne.

L'appareil peut donc être raccordé instantanément avec toute ligne, fixe ou volante. La pile étant complètement étanche, la boîte peut être renversée sans inconvénient; elle peut être portée à la main ou sur le dos, dans un sac muni de bretelles.

Téléphone Colson. — Le téléphone du capitaine Colson a été expérimenté en 1885 et adopté en 1886 dans l'armée française. Le transmetteur (fig. 1014) se compose d'un aimant en spirale A, dont l'un des pôles P, entouré par la bobine, est au centre de la membrane M; l'autre pôle P', placé à la périphérie, traverse cette membrane et se relie à un anneau de fer doux F, qui en forme en quelque sorte l'épanouissement. Par cette disposition, la membrane M est entièrement placée dans le champ magnétique, et les lignes de force la traversent dans le sens des rayons; l'action est donc très énergique et l'appareil possède une puissance et une netteté remarquables. Ce téléphone est enfermé dans une cuvette en cuivre nickelé, et le tout est



Fig. 1015. — Soldat muni du téléphone Colson.

maintenu par un couvercle C, qui se visse sur la cuvette. Ce transmetteur a 9 centimètres de diamètre ; il porte un cornet amplificateur.

Le réglage se fait par une vis fixée dans le fond de la cuvette et qui permet d'écarter ou de rapprocher le pôle P de la membrane M ; ce réglage subsiste indéfiniment.

Le récepteur présente les mêmes dispositions, mais il n'a que 6 centimètres de diamètre ; le réglage est fait une fois pour toutes par le constructeur.

Le transmetteur est employé par l'artillerie pour l'organisation des observatoires de tir. Le récepteur fait partie du matériel de télégraphie militaire. Pour les applications militaires, on emploie deux récepteurs maintenus sur les oreilles par une courroie jugulaire (fig. 1015), et un transmetteur placé dans un étui et suspendu par une bretelle sur la poitrine, à portée de la bouche. On a figuré l'étui ouvert pour montrer le transmetteur.

Le compartiment vide situé au-dessous reçoit, pendant le transport, les récepteurs, les courroies et les cordons souples. Cette disposition laisse au soldat la liberté de ses mouvements, et permet d'appeler sans le secours d'appareils spéciaux.

Microtéléphone Mix et Genest. — Cet appareil,

ɩventé par deux constructeurs de Berlin, est ·ès portatif; il a été adopté en 1888 par l'ad-

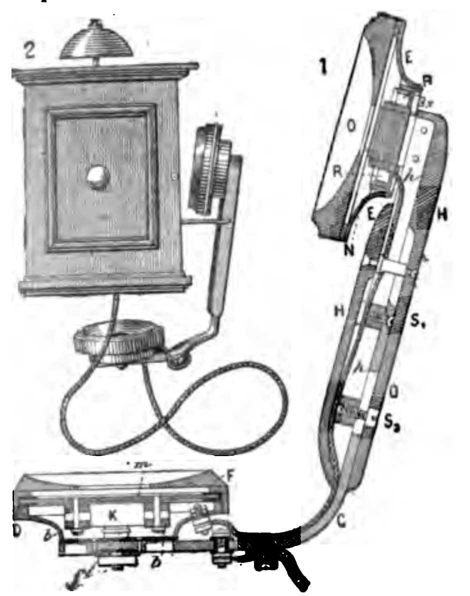


Fig. 1016. — Microtéléphone Mix et Genest, de Berlin. 1, coupe; 2, vue d'ensemble.

inistration allemande des postes et télégraphes ensuite par l'administration militaire. Le crophone (fig. 1016) se compose d'une membrane *m* en sapin, protégée contre l'humidité par une couche de vernis, et serrée fortement contre la pièce F dans la boîte D. Un rouleau de charbon K est pressé contre cette membrane par la pièce *f*. Les deux couches de charbon *bb* servent à établir les communications.

Le téléphone est réuni au microphone par un coude de laiton C, entouré, ainsi que l'aimant en fer à cheval *hh*, par une enveloppe en bois d'ébène. Une boîte en cuivre conique E, qui contient la bobine, porte la pièce N en fer laminé et la pièce O ; elle est à charnière à l'intérieur et se visse sur la plaque R. Cette charnière permet de régler l'appareil en rapprochant plus ou moins la pièce N de la partie aimantée, au moyen d'un petit levier en forme de S. Le coude C permet de faire varier la distance du téléphone au microphone, de façon que l'instrument puisse s'adapter à la forme de chaque tête. La figure montre en outre l'ensemble d'un appareil appliqué sur un mur pour un service public ou privé. La boîte contient seulement la bobine d'induction, le timbre et l'appareil automatique.

La figure 1017 montre un poste téléphonique Mix et Genest disposé spécialement pour les usages militaires : il est renfermé dans une boîte légère qu'un soldat peut porter facilement suspendue par une courroie. Le téléphone et le

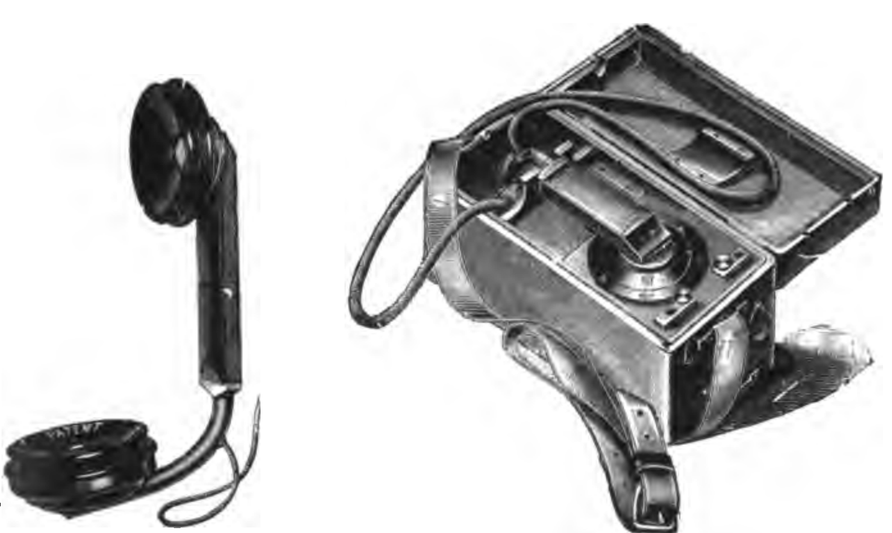


Fig. 1017. — Poste téléphonique militaire de l'armée allemande (Mix et Genest, de Berlin).

ːrophone, réunis par un coude en cuivre, ɩvent être tenus d'une seule main. On voit la figure 1018 l'emploi de cet appareil en ɩpagne.

éléphonie marine. — Les applications des téléphones à la marine sont extrêmement nombreuses. Il y a souvent avantage à substituer ces appareils aux porte-voix, que le bruit des machines rend à peu près inutiles. La marine anglaise emploie des téléphones à charbon

granulé qui supportent sans se déranger les chocs et les vibrations.

L'Administration française des téléphones construit des postes Berthon-Ader destinés au même usage (fig. 1019), et qui ont été appliqués sur les grands paquebots de la Compagnie transatlantique, sur quelques torpilleurs, sur un grand nombre de cuirassés, notamment la *Dévastation*, le *Formidable*, l'*Amiral-Duperré*, le *Redoutable*, et sur le cuirassé espagnol le *Pelayo*.

D'intéressantes expériences sur les communications avec les navires à l'ancre furent faites en 1881 sur les côtes sud-ouest de la France par le capitaine de vaisseau Trève. En juin 1882, une expérience analogue fut faite au Havre : la communication fut établie entre le cercle Marie-Christine et un bâtiment à l'ancre à 1500 mètres du rivage. Malgré le mauvais temps et les coups de mer qui soulevaient le navire, la parole fut transmise avec une parfaite netteté.

La même année, le téléphone fut employé en Angleterre, dans des travaux effectués au fond de la rivière Wear, pour communiquer avec les ouvriers qui travaillaient dans les cloches à plongeur.

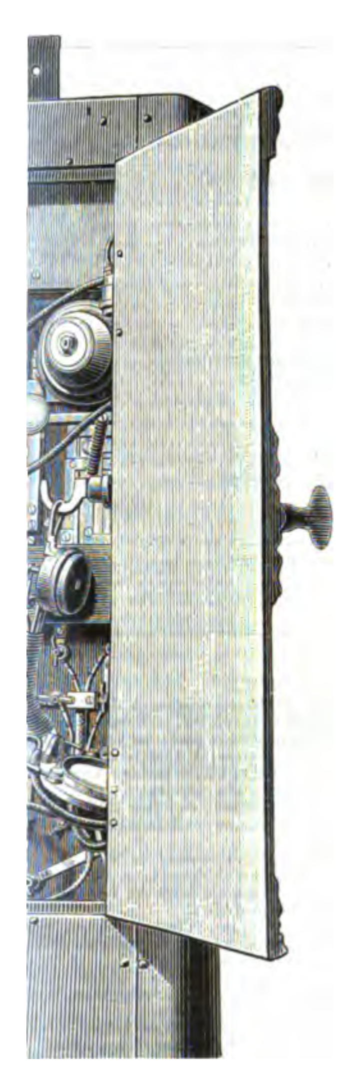


Fig. 1018. — Soldat allemand muni du poste microtéléphonique Mix et Genest, de Berlin.

Depuis 1886, les paquebots de la ligne de Port-Adélaïde (Australie du Sud), qui viennent à l'ancre au port de Largs-Bay, sont mis en communication avec les bureaux des Messageries Maritimes par une bouée téléphonique. Cette bouée, ancrée sur un fond de 10 mètres au moyen de deux chaînes, porte deux câbles attachés par des cordes, pour les empêcher de frotter sur le corps de la bouée. Ces câbles, qui ont chacun 2 kilomètres, aboutissent à la jetée et se prolongent jusqu'aux bureaux par des fils aériens. Chaque câble se termine par un isolateur en ébonite, portant une pointe de cuivre conique reliée avec l'âme conductrice. A bord du navire est un rouleau de fil Siemens n° 16, isolé et entouré de ruban. L'une des extrémités de chaque fil porte un anneau en bronze s'adaptant exactement sur la pointe de cuivre. Un canot envoyé par le navire établit et supprime facilement cette communication.

Le téléphone convient parfaitement pour recueillir les bruits transmis par une masse liquide. Un microphone, placé dans une caisse métallique étanche sur le fond de la mer ou suspendu entre deux eaux, fait entendre le bruit

tendre la marche des navires qui s'en approchent et les prévenir par un signal d'alarme. Pour connaître la direction d'où vient le bruit perçu, on enferme le microphone dans une boîte de plomb à parois épaisses, percée d'une



e navire.

ctrique placée dans la chambre du capi-
ie.

tatistique des communications téléphones. — Nous empruntons au *Journal télé-*
hique publié par le bureau international de
ie les renseignements qui suivent : ils ont
complétés pour la France par la Direction
érale des postes et télégraphes.

Statistique des communications téléphoniques en 1888.

ÉTATS.	LONGUEUR DES LIGNES en kilomètres.	LONGUEUR DES FILS en kilomètres.	NOMBRE de TÉLÉPHONES.	POPULATION TOTALE des localités desservies.	SUPERFICIE TOTALE des localités desservies.
Allemagne	9703 [1]	68 610	47 238	9 984 125	4 194,25
Australie du Sud	117,530	2 691,920	1 150		
Autriche (Etat)	797,920	2 085,630 [2]	185 [3]	1 130 407	242,100
— (Compagnies privées)	1 558,500	14 743,300 [4]	4 850	2 124 600	4 114
Belgique (Etat)	24	105			
— (Compagnies privées)	1 415 [5]	9 621 [6]	5 214		
Danemark	171,210 [7]	3 921,830	1 906		
Espagne (Etat)	185 [8]	185 [9]	144		
— (Compagnies privées)	5 638 [10]	11 276 [11]	9 362 [12]		
France	7 072,478	18 723,034	9 883		
Hongrie	191,261 [13]	3 061,117 [14]	1 635	796 891	263,[illegible]
Indes-Britanniques (Etat)	416 [15]	1 477 [16]	298		
Indes-Néerlandaises	60	1 974,500	848		
Indo-Chine (Etat)	11,860	80,320 [17]	28 [18]		
— (Compagnies privées)	33,001 [19]	92,240	56	70 721	6,100
Italie (Compagnies privées)	2 695,182	15 986,827 [20]	11 056	2 649 092	
Luxembourg	389	1 268 [21]	741	82 178	921,540
Norwège	1 240,750	4 671,200 [22]	4 608 [23]	453 730	5,100
Nouvelle-Zélande			2 249	139 387	
Russie (Etat)	206,510	1 322,046 [25]	592 [26]	530 000	125
— (Compagnies privées)	1 614,456	13 136,801 [27]	4 970 [28]		
Sénégal	6,689	6,689	15 [29]	31 000	15,500
Siam	45,700	216	54	400 000	54
Suède (Etat)	[30]	7 219	3 389	255 085	
— (Compagnies privées)		13 834	7 914	391 488	
— (Habitants)		15 252	6 059	293 932	
Suisse	3 437,200	11 811,700 [31]	12 291		

OBSERVATIONS

Pour la France : nombre de réseaux urbains et de réseaux annexes, 38. — Nombre d'abonnés 11 439. — Nombre de communications d'abonnés à abonnés 20,162,581. — Nombre de communications interurbaines 152 538.

1. Non compris 1 217 fils spéciaux posés en vertu de conditions particulières ; ils ont une longueur totale de 1 554 kil., un développement de 4 558 kil. desservant 2 460 postes d'abonnés avec 2 557 téléphones.
2. Lignes à double fil, 1 904,42 kil., à savoir : Vienne, 1 018 ; Brünn, 22,84 ; Baden, 136,20 ; Vöslau, 78 ; Wr Neustadt, 188 ; Neunkirchen, 188 ; Reicheneau, 188 ; Liesing, 62 et Aussig-Teplitz, 23,88.
3. Microphones universels Berliner ; en outre à Vienne 132 et à Brünn 22 appareils anti-inducteurs, système Rysselberghe.
4. Les lignes du réseau de Vienne consistent pour la plupart en doubles fils. Pour les autres réseaux, il y a un fil pour chaque communication.
5. Ce chiffre ne concerne que les réseaux de Namur, Louvain, Malines, Mons, Courtrai et Roulers.
6. A Namur, Louvain, Malines et Mons il est fait usage d'un fil par raccordement et de deux à Courtrai-Roulers ; en ce qui concerne les réseaux de la compagnie belge du Téléphone Bell, les renseignements à ce sujet font défaut.
7. Réseau de la ville de Copenhague.
8. Réseaux spéciaux de Barcelone, Bilbao, Cordoue, Madrid, Saint-Sébastien et Palencia affectés au service de l'État et desservis par le personnel des télégraphes, indépendamment des réseaux publics.
9. Un fil pour chaque communication.
10. Réseau d'Alcoy, d'Alicante, Barcelone, Bilbao, Cadix, Carthagène, Cordoue, Corogne, Félanix, Gijon, Madrid, Malaga, Murcie, Oviedo, Sabadell, Saint-Sébastien, Saragosse, Segovie, Seville, Valence et Valladolid.
11. Deux fils pour chaque communication.
12. Téléphones et microphones du système Ader.
13. Réseaux d'Arad, Budapest, Debreczen, Nagyvárad, Pécs, Pozsony, Szeged, Temesvár et Zágráb.
14. Un fil pour chaque communication.
15. Ces réseaux se répartissent en 34 localités.
16. Dont 3,760 kil. de câbles.
17. Deux fils pour chaque communication.
18. A savoir : 20 téléphones système Ader et 8 système Bréguet.
19. Ces renseignements concernent le réseau de la Compagnie des Téléphones de Saïgon à Cholen, la ligne de tramways à vapeur de Saïgon à Cholen et 4 lignes d'intérêt privé.
20. Un seul fil pour chaque communication dans tous les réseaux.
21. Un fil pour chaque communication.
22. Un fil pour chaque communication.
23. Divers systèmes : Bell-Blake, « Ericsson Bureau » à Christiana, Ader, Paterson et Bielu.
24. Chiffres approximatifs.
25. Un fil pour chaque communication.
26. Systèmes Belle Blake, Ericsson.
27. Un fil pour chaque communication à l'exception de Libau, où il est fait usage de deux fils pour les abonnés de la ville.
28. Systèmes Bell-Blake, Ericsson et Stolporsay-Kapter.
29. Système Ader.
30. Aucune statistique n'a été établie. Il n'y a pas en Suède de lignes téléphoniques souterraines.
31. Un fil pour chaque communication.

TÉLÉPHONOGRAPHE. — Appareil imaginé ɔar M. Lagriffe, et composé d'un phonographe ɛt d'un téléphone récepteur; on détermine lans ce dernier des vibrations assez intenses ɔour produire le gaufrage de la feuille d'étain lu phonographe, qui reproduit les sons perçus ɔar le téléphone.

TÉLÉPHOTE. — Appareil transmettant à dis-ance une image lumineuse.

Diverses tentatives ont été faites pour obtenir ı vision à distance par l'électricité. M. Sawyer ropose d'employer comme transmetteur une pirale plate de fil fin de sélénium, placée dans ne petite chambre noire. Un tube étroit, tour-ant rapidement en spirale devant le sélénium, e la périphérie au centre, projette successive-ıent les différentes parties de l'image lumi-ɛuse sur les divers points de cette substance. ı vitesse doit être telle que toutes les impres-ons lumineuses persistent sur la rétine pen-ınt la course entière du tube projecteur de la ʻriphérie au centre, de sorte que toute l'image it visible à la fois. Les variations lumineuses oduisent dans le sélénium des changements résistance. D'autre part, le récepteur est nstitué par une bobine d'induction, dont le primaire est relié avec la pile et avec le sélé-ım, le fil secondaire avec deux pointes fines platine, fixées très près l'une de l'autre, sur index noirci tournant dans l'intérieur d'une tite chambre noire. Si les deux appareils sont rfaitement synchrones, si les variations de ʻistance du sélénium sont assez grandes et ʻfisamment instantanées, les étincelles d'in-ːtion pourront suivre les changements d'in-sité de l'image, et la reproduire par leur ɔerposition sur la rétine.

I. Lazare Weiller a indiqué, en 1889, un autre ʻcédé. Devant l'objet lumineux se meut un ʻoir tournant disposé d'une façon spéciale : ıt un plateau circulaire horizontal, tournant c une vitesse de 30 tours à la minute autour n axe vertical passant par son centre, et ıt la périphérie est couverte par 360 miroirs ns, faisant avec la surface horizontale des les voisins de 90°, mais variant un peu de ı à l'autre. Cet appareil projette successive-ıt, et dans un temps très court, des rayons ıineux provenant de tout les points de l'objet, une cellule de sélénium intercalée dans le ʻant de ligne qui aboutit, à l'autre poste, à éléphone à gaz. Cet appareil consiste en un phone de Bell, dont le diaphragme est percé ı petit trou central. L'espace compris entre iaphragme et le pôle de l'aimant reçoit un courant de gaz d'éclairage, qu'on allume au-dessus de l'orifice central. Les variations de résistance du sélénium font vibrer le téléphone, dont les mouvements se communiquent à la flamme. Un appareil tournant à miroirs, identique au premier, est éclairé par cette flamme, dont il projette la lumière sur un écran. On conçoit que, si les deux appareils tournants sont parfaitement synchrones, les vibrations de la flamme sont en quelque sorte analysées, et l'on pourra obtenir sur un écran la reproduction de l'objet lumineux.

TÉLÉPHOTOGRAPHIE. — On donne ce nom à l'art de reproduire à distance une image lumineuse par l'électricité. On a proposé divers systèmes analogues aux télégraphes autographiques.

M. Shedford Bidwell a imaginé, en 1881, un appareil qui diffère de ces télégraphes seulement par la manière de produire les interruptions au poste transmetteur. Le style de ce poste se meut sur une plaque de sélénium, sur laquelle on projette une image de l'objet lumineux. Suivant que la pointe passe sur des parties éclairées ou obscures, il se produit des variations d'intensité, qui donnent au récepteur des différences de teinte et reproduisent l'objet.

TÉLÉRADIOPHONIE. — Méthode télégraphique imaginée par M. Mercadier, et dans laquelle on fait usage de signes radiophoniques. On peut transmettre plusieurs signaux à la fois et dans un sens quelconque, d'où l'appareil est dit *multiple auto-réversible*.

TELLURIQUE (COURANT). — Voy. COURANT.

TELPHÉRAGE. — Du mot anglais *telpher*. Mode de transport de wagonnets par l'électricité, qui a été imaginé par M. Fleeming Jenkin, et qui n'exige aucune surveillance des trains. Ce système, étudié par l'auteur, avec la collaboration de MM. Ayrton et Perry, a été appliqué industriellement à Glynde (Sussex).

La ligne est aérienne, pour des raisons qu'il est facile de comprendre; elle comporte deux câbles, qui supportent chacun les trains allant dans un sens. Ces câbles servent, en outre, à amener le courant jusqu'au moteur. Une ingénieuse disposition évite l'emploi d'un fil de retour. Pour cela, chaque ligne est composée de sections égales, isolées les unes des autres; mais chaque section d'une voie communique avec la section précédente et avec la section suivante de l'autre voie (fig. 1020). L'ensemble forme donc deux conducteurs continus, ABCDEF et A'B'C'D'E'F', reliés aux deux pôles de la dynamo M, et qui, en l'absence des trains, ne

reçoivent aucun courant, le circuit étant ouvert. Deux sections consécutives d'une même voie, par exemple CD et E'F', sont jointes par une petite portion de câble isolée.

Les wagonnets ont leurs roues isolées. Les trains ont une longueur égale à celle d'une des sections de la voie, de sorte que les deux roues extrêmes se trouvent toujours sur deux sections

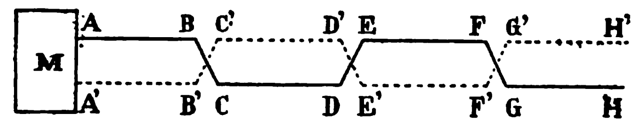
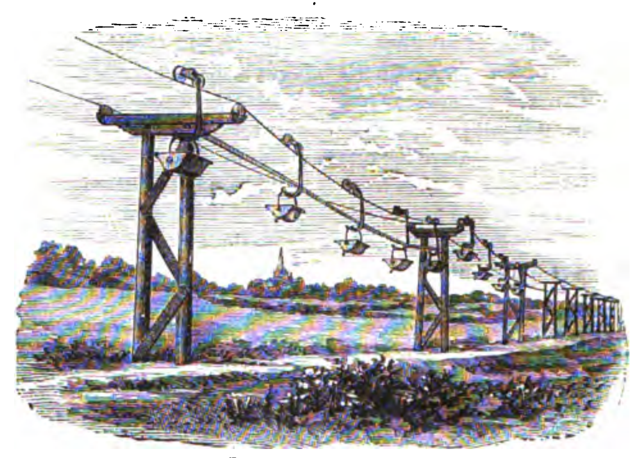


Fig. 1020. — Ligne double pour le telphérage.

consécutives, sauf pendant le temps très court où elles passent d'une section à la suivante, et reposent sur les petites parties isolées. Ces roues sont reliées au moteur, qui est placé au milieu du train. Quand elles sont sur deux sections contiguës, elles ferment le circuit, et le moteur fonctionne. Lorsqu'elles passent sur deux sections isolées, le train continue sa marche, en vertu de la vitesse acquise, et atteint bientôt les sections voisines : le courant se rétablit alors, mais il a changé de sens, ce qui n'influe pas sur le sens de rotation du moteur, le courant se renversant à la fois dans l'inducteur et dans l'induit.

Pour que plusieurs trains puissent circuler à la fois, on établit une différence de potentiel constante aux bornes de la dynamo. Pour éviter que deux trains puissent se rejoindre, chaque


Fig. 1021. — Telphérage.

moteur est pourvu d'un régulateur à force centrifuge, qui rompt le circuit dès que la vitesse dépasse une certaine limite. La figure 1021 montre l'aspect du train et de la double ligne.

M. Lartigue a imaginé un système de transport analogue, décrit à l'article MONORAIL.

Ces systèmes présentent de nombreux avantages, et sont probablement destinés à se répandre dans l'industrie ; économie dans la construction de la ligne et par la suppression de la surveillance des trains ; facilité d'adapter à cet usage, avec une petite dépense, les lignes destinées à l'éclairage ; utilisation, dans le jour, des dynamos servant le soir à produire la lumière ; application au chargement et au déchargement des bateaux, etc.

TÉMOIN (AIMANT). — Petit aimant correcteur placé dans les galvanomètres des télégraphes, pour maintenir l'aiguille dans le plan du cadre, lorsqu'il ne passe aucun courant.

TEMPÊTE MAGNÉTIQUE. — Syn. d'ORAGE MAGNÉTIQUE.

TENSION ÉLECTRIQUE. — Volta désignait par ce mot ce que nous appelons aujourd'hui *potentiel*. Différence de tension est donc synonyme de différence de potentiel. Le mot tension ayant été pris dans plusieurs sens différents, il est préférable de l'abandonner.

Montage en tension. — Voy. MONTAGE et COUPLAGE.

TERRESTRE (COURANT). — Voy. MAGNÉTISME TERRESTRE.

THÉODOLITE MAGNÉTIQUE. — Appareil imaginé par M. Lamont, et servant à mesurer en voyage la déclinaison et l'inclinaison. Un aimant *ab*, protégé par un tube de verre V, est suspendu par un fil de cocon et porte un miroir M, perpendiculaire à son axe (fig. 1022). A

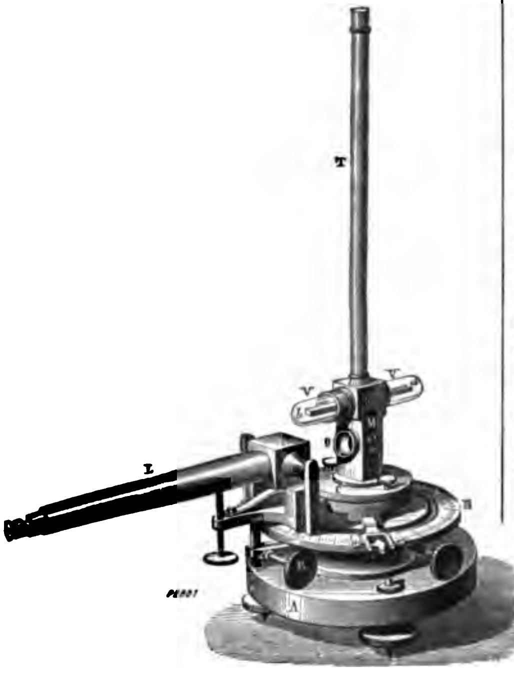


Fig. 1022. — Théodolite magnétique de Lamont.

'aide d'une lunette L, on observe la position de 'aimant par la méthode du miroir (voy. ce mot); nais la règle divisée est supprimée. La lunette porte près de l'oculaire une petite ouverture et, au-dessous, une plaque de verre inclinée à 45°, qui renvoie la lumière du ciel sur le réticule. Si la lunette est réglée pour l'infini, les rayons émis par ce réticule sont parallèles à la sortie de l'instrument, et reviennent, après s'être réfléchis sur le miroir M, faire une image dans le plan même du réticule. Lorsque cette image coïncide avec le réticule lui-même, l'axe optique de la lunette est perpendiculaire au miroir et par suite parallèle à l'axe de l'aimant *ab*. On lit alors la position de la lunette sur le cercle gradué B, au moyen de deux verniers, fixés au disque qui porte cette lunette. On connait ainsi le méridien magnétique.

On enlève ensuite la partie supérieure de l'appareil et l'on tourne la lunette de manière à viser une mise fixe ou une étoile, dont on puisse connaître la distance angulaire au méridien géographique. On peut ainsi calculer la déclinaison.

Deux vis servent à régler la lunette.

Le disque C, solidaire du tube T, tourne autour de l'axe vertical pour le réglage; pour faire les lectures, on le fixe au disque qu'il surmonte par une vis de pression. Les vis calantes servent à rendre, avant toute autre opération, l'axe de rotation parfaitement vertical.

Pour mesurer l'inclinaison, on fixe sur l'appareil un anneau de cuivre portant deux barreaux de fer doux verticaux, placés à 180° l'un de l'autre, sur le diamètre perpendiculaire au méridien magnétique. Ces deux barreaux sont disposés de façon que leurs actions sur l'aimant *ab* s'ajoutent et tendent à le faire dévier avec le même sens. On mesure la déviation α avec la lunette L, et l'on en déduit l'inclinaison. En effet, l'aimantation du barreau est proportionnelle à la composante verticale Z du champ terrestre, de même que l'action de ces barreaux, qui est dirigée perpendiculairement à l'aimant. Si H est la composante horizontale du champ, on a

$$H \sin \alpha = k Z$$

D'ailleurs on a (Voy. CHAMP TERRESTRE)

$$Z = H \operatorname{tg} i$$

D'où

$$\operatorname{tg} i = \frac{1}{k} \sin \alpha$$

On détermine la constante *k* une fois pour toutes.

THÉORIE ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE DE LA LUMIÈRE. — Voy. LUMIÈRE.

THÉRAPEUTIQUE. — Bien qu'on ait songé depuis longtemps à employer l'électricité à la guérison des malades, cependant les applications thérapeutiques sérieuses ne datent que d'un petit nombre d'années. On trouvera les renseignements relatifs à ces applications aux mots ÉLECTROTHÉRAPIE, BAIN, GALVANO-CAUSTIQUE, ÉLECTRICITÉ MÉDICALE, etc.

THERMO-ÉLECTRICITÉ. — Transformation de l'énergie calorifique en électricité. Seebeck a montré en 1821 que si, dans un circuit formé de deux ou plusieurs métaux, on chauffe l'une des soudures, il se produit aussitôt une force électromotrice. On montre ce phénomène avec deux barreaux, l'un de bismuth B, l'autre C d'antimoine ou de cuivre (fig. 1023), soudés ensemble aux deux extrémités. En chauffant l'une des soudures avec une lampe ou même avec la main, on obtient un courant suffisamment énergique pour dévier une aiguille

aimantée placée entre les deux barreaux, et qui va de B en C à travers la soudure chaude. Le

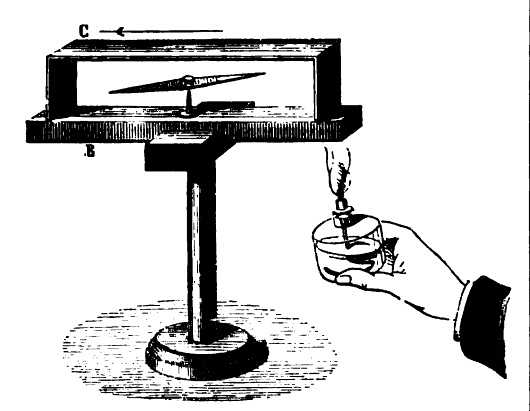


Fig. 1023. — Production d'électricité par la chaleur.

bismuth est donc le pôle négatif, l'antimoine ou le cuivre le pôle positif. On trouvera plus haut (Voy. SÉRIE THERMO-ÉLECTRIQUE) la liste des métaux rangés dans un ordre tel que chacun d'eux représente un pôle négatif par rapport à ceux qui le suivent, un pôle positif par rapport à ceux qui précèdent. Ainsi le cuivre, qui est le pôle positif dans l'élément précédent, devient le pôle négatif dans le couple cuivre-fer. C'est là le principe des piles thermo-électriques.

Inversion du courant. — Pour certains métaux, la force électromotrice augmente d'une façon continue avec la température de la soudure chaude. Mais, le plus souvent, cette force passe par un maximum, décroît ensuite et finit par s'annuler et changer de sens. L'inversion se produit d'ailleurs à une température variable, et qui dépasse autant le maximum que celui-ci dépasse la température de la soudure froide.

Loi des températures successives. — Si l'on porte les soudures d'un couple à des températures t_0 et t_1, puis à t_1 et t_2, la somme des forces électromotrices développées dans ces deux cas est égale à la force obtenue entre les températures t_0 et t_2. Cette loi peut s'écrire

$$E_{t_0}^{t_2}=E_{t_0}^{t_1}+E_{t_1}^{t_2}$$

Loi des métaux intermédiaires. — Si, dans un circuit, deux métaux AB sont séparés par un ou plusieurs métaux intermédiaires maintenus à t^o, la force électromotrice est la même que si les deux métaux étaient unis directement et la soudure chauffée à t^o.

Il résulte de là que deux métaux peuvent être réunis à volonté directement ou par une soudure quelconque. De même, si l'on intercale dans un circuit un galvanomètre ou tout autre appareil, on n'introduira aucune force électromotrice nouvelle, pourvu qu'il n'y ait aux points de contact aucune différence de température.

Théorie des phénomènes thermo-électriques. — L'existence des courants thermo-électriques montre que les forces électromotrices de contact, découvertes par Volta, sont fonction de la température. Mais le phénomène de l'inversion montre que ces forces n'agissent pas seules. Il faut aussi tenir compte des différences de potentiel produites dans les conducteurs par les variations de température et qui donnent naissance aux effets Thomson. Ces différences n'ont pas d'action dans un conducteur homogène : la chute de potentiel et la chute de température sont symétriques de chaque côté du point chauffé. Mais, si le conducteur présente la moindre dissymétrie de part et d'autre de ce point, la variation de potentiel, pour un même abaissement de température, peut, en passant d'un côté à l'autre, changer de grandeur et même de signe. Ainsi Magnus a montré qu'on peut obtenir un courant avec un conducteur formé d'un seul métal, pourvu qu'il y ait dissymétrie, par exemple en enroulant en spirale une partie d'un fil de platine et chauffant une des extrémités de la spirale.

THERMO-ÉLECTRIQUE. — Qui a rapport à la thermo-électricité.

Chaîne thermo-électrique. — Chaîne formée par un certain nombre de métaux soudés bout à bout. La force électromotrice obtenue est donnée par la loi des métaux intermédiaires (Voy. THERMO-ÉLECTRICITÉ).

Diagramme thermo-électrique. — Représentation graphiqne des phénomènes thermo-électriques. Si l'une des soudures est maintenue à 0°, on peut prendre pour abscisses les températures successives de l'autre soudure et pour ordonnées les forces électromotrices correspondantes. On obtient ainsi une parabole à axe vertical, qui coupe de nouveau l'axe des x à la température d'inversion. La même courbe représente les phénomènes obtenus en portant la soudure froide à une température t différente de 0°, à condition de prendre pour axe des x une parallèle au premier axe menée par le point de la courbe qui correspond à t^o. C'est une conséquence de la loi des températures successives. On voit que la température du maximum est toujours la moyenne entre la température de la soudure froide et la température d'inversion. Enfin, si l'on construit la courbe des deux

ıétaux AB, et celle des deux métaux AC, la ifférence des deux ordonnées donne la force lectromotrice du couple BC, d'après la loi des ıétaux intermédiaires.

Échelle ou série thermo-électrique. — Voy. Sé-E THERMO-ÉLECTRIQUE.

Force thermo-électrique. — Force électro-otrice produite par l'action de la chaleur. Ces ces électromotrices sont très faibles : ainsi le du couple bismuth-antimoine, qui est une plus grandes, est égale à 0,0057 volt pour et 100°. Cet inconvénient est compensé en tie par la résistance extrêmement petite de éléments, qui sont entièrement métal-es.

. Tait a trouvé que la force électromotrice représentée en fonction de la température la relation

$$E_{t_1}^{t_2} = a\,(t_2 - t_1)\left[t_0 - \frac{t_1 + t_2}{2}\right]$$

tant un coefficient qui dépend de la nature nétaux, t_1 la température de la soudure ?, t_2 celle de la soudure chaude, et t_0 la ́rature d'inversion.

re certaines limites, on peut admettre que ce thermo-électrique est proportionnelle -t_1 ; ainsi pour le couple bismuth-anti-entre 0° et 100°.

thermo-électrique. — Voy. PILE.

e et aiguille thermo-électriques. — HERMOMÈTRE.

oir thermo-électrique. — On nomme *thermo-électrique* la force électromotrice ouple thermo-électrique pour une diffé-le 1° C. entre les deux soudures. Ce pou-rie avec la température moyenne des s. Les lois données à l'article THERMO-ITÉ s'appliquent aux pouvoirs thermo-ues.

bleau suivant, extrait des expériences iessen, donne le pouvoir thermo-élec-n unités magnétiques C.G. S. d'un cer-ıbre de couples, le plomb étant toujours métaux. En divisant tous les nombres on a les forces en microvolts. Ces ré-ont calculés pour une température de 20° C.

s pouvoirs thermo-électriques rapportés au plomb.

....	—	1734	+	4,87 *t*
....	—	1139	+	3,28 *t*
tine-iridium (?).......	—	839	à toute temp.	
ıtine, 95; iridium, 5..	—	622	+	0,55 *t*
ıtine, 90; iridium, 10.	—	596	+	1,34 *t*
Alliage: platine, 85; iridium, 15.	—	709	+	0,63 *t*
Alliage: platine, 85; iridium, 15.	—	577	à toute temp.	
Platine malléable..............	+	61	+	1,10 *t*
Alliage platine et nickel........	—	544	+	1,10 *t*
Platine écroui..................	—	260	+	0,75 *t*
Magnésium.....................	—	224	+	0,95 *t*
Argent allemand (maillechort)..	+	1207	+	5,12 *t*
Cadmium......................	—	266	—	4,29 *t*
Zinc..........................	—	234	—	2,40 *t*
Argent........................	—	214	—	1,50 *t*
Or............................	—	283	—	1,02 *t*
Cuivre........................	—	136	—	0,95 *t*
Plomb.........................		0		
Étain.........................	+	43	—	0,55 *t*
Aluminium.....................	+	77	—	0,39 *t*
Palladium.....................	+	625	—	3,59 *t*
Nickel jusqu'à 175° C............	+	2204	+	5,12 *t*
— de 250 à 310° C...........	+	8449	—	24,1 *t*
- au-dessus de 340° C......	+	307	+	5,12 *t*

THERMO-GALVANOMÈTRE. — M. d'Arsonval a donné ce nom au galvanomètre apériodique Deprez et d'Arsonval modifié pour l'étude de la chaleur rayonnante. Le cadre mobile est composé d'un seul tour de fil formé par moitié de deux métaux différents, cuivre et maillechort, soudés à leurs extrémités; il est suspendu par un fil de cocon et porte un petit miroir à sa partie inférieure. Les autres parties ne sont pas modifiées.

Dans un autre modèle, le cylindre central de fer doux est supprimé et le fil de cocon porte un petit couple cuivre-palladium, au bas duquel est fixé un petit miroir.

Enfin un autre dispositif se compose de deux aimants en U, opposés par les pôles de même nom; une lame de fer doux, placée entre ces aimants, renforce le champ magnétique; enfin le cadre mobile, qui entoure cette lame, est suspendu par deux fils métalliques qui conduisent le courant; un miroir concave sert à lire les déviations.

THERMOGRAPHE. — Thermomètre enregistreur. — Voy. THERMOMÈTRE et ENREGISTREUR.

THERMO-MAGNÉTISME. — Production du magnétisme par l'action de la chaleur. M. H. Mestre a étudié cette question en 1881 en faisant passer alternativement dans un noyau de fer creux un courant de vapeur et un courant d'air froid. M. Maurice Leblanc a imaginé de faire tourner entre les pôles d'un aimant un disque en toile de fer dont une portion était chauffée par un foyer et l'autre refroidie par l'air. Ces deux systèmes n'ont pas donné de résultats pratiques. M. Edison a construit sur le même principe deux appareils dont on trouvera la description aux mots GÉNÉRATEUR et MOTEUR PYROMAGNÉTIQUES; il n'a pas indiqué le rendement auquel il est parvenu.

THERMOMÈTRE ÉLECTRIQUE. — Il existe trois sortes de thermomètres électriques. Dans les premiers, la partie principale est une lame bimétallique, ou un tube rempli de liquide, etc., et n'a rien d'électrique. L'électricité sert seulement à transmettre les indications. D'autres sont fondés sur les propriétés des piles thermo-électriques. Enfin il existe des thermomètres fondés sur les variations de résistance.

Le thermomètre (fig. 1024) appartient à la première catégorie. Un tube de Bourdon, en laiton mince et recourbé, est rempli d'alcool et porte un prolongement qui actionne une aiguille mobile sur un cadran.

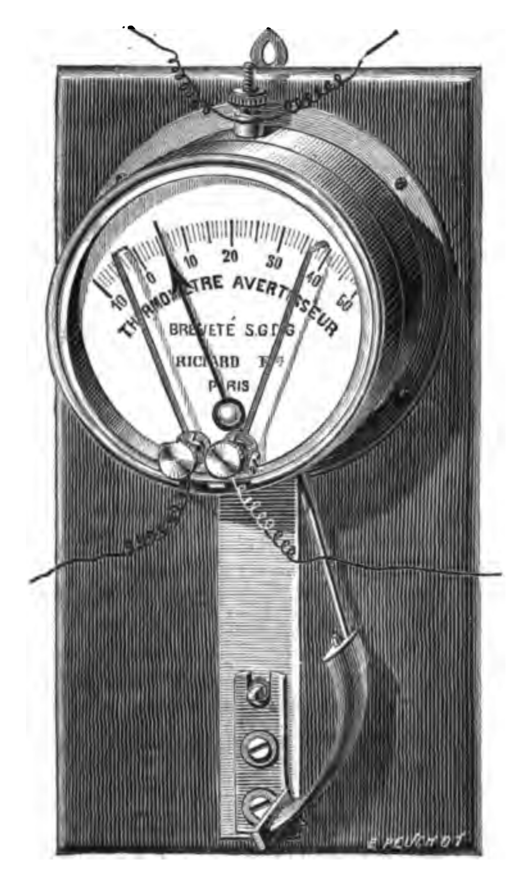


Fig. 1024. — Thermomètre électrique Richard.

Lorsque la température tend à sortir de certaines limites, l'aiguille vient toucher l'un des deux contacts placés de chaque côté; dans chaque cas, elle ferme un circuit contenant une sonnerie, et l'on est averti que le maximum ou le minimum est atteint.

La canne thermométrique (fig. 1025) sert à indiquer les variations de température dans un milieu fermé et peu accessible. Le réservoir est placé dans ce milieu : c'est un cylindre dans lequel se trouve une série de membranes métalliques montées les unes sur les autres. L'espace intermédiaire est rempli de liquide. La dernière membrane, qui totalise les mouvements de toutes les autres, est reliée à une tige centrale, placée dans un tube, qui établit un contact et met en marche une sonnerie indiquant soit les maxima, soit les minima, soit les deux. Cet appareil trouve son application dans les silos, cuves, magasins à fourrage, chauffe-bains, etc. Nous avons indiqué d'autres dispositions analogues aux articles AVERTISSEUR, ENREGISTREUR, INDICATEUR.

La pile thermo-électrique de Melloni constitue un thermomètre différentiel très sensible : l'une des faces étant maintenue à une température constante, 0° par exemple, le courant qui prend naissance augmente avec la température de l'autre face; il lui est même proportionnel dans des limites assez étendues. On pourra donc mesurer cette température, si le galvanomètre employé a été gradué préalablement.

Mais la pile de Melloni n'est pas d'une forme commode pour la plupart des applications. On peut employer alors un certain nombre d'appareils fondés sur le même principe, mais d'une forme un peu différente.

La *pince thermo-électrique* de Peltier se compose de deux éléments thermo-électriques séparés et disposés en série. Ces éléments sont montés de façon qu'on puisse saisir entre eux l'objet dont on veut mesurer la température, par exemple une barre métallique. Les courants qui se produisent aux deux soudures s'ajoutent et passent dans un galvanomètre.

En médecine, on emploie quelquefois les thermomètres électriques, surtout pour avoir la température des surfaces, ce que ne donne pas le thermomètre ordinaire. On emploie alors deux éléments thermo-électriques, placés en opposition, et reliés avec un galvanomètre. Tel est le thermomètre de M. P. Redard (fig. 1026). Un disque en fer A est soudé avec deux fils, l'un D également en fer, l'autre E en maillechort. Un étui d'ébonite entoure ces deux fils. On a deux appareils identiques : l'un est appliqué sur la surface étudiée, l'autre est placé dans un tube contenant du mercure. Les deux fils de fer sont réunis par un conducteur également en fer, les fils de maillechort sont reliés par des fils de maillechort ou de cuivre avec un galvanomètre facilement transportable. On peut maintenir le tube de mercure à une température fixe et graduer

préalablement le galvanomètre, comme nous l'avons indiqué plus haut. Mais il est préférable d'élever la température du mercure jusqu'à ce que le galvanomètre reste au zéro. Cette tem-

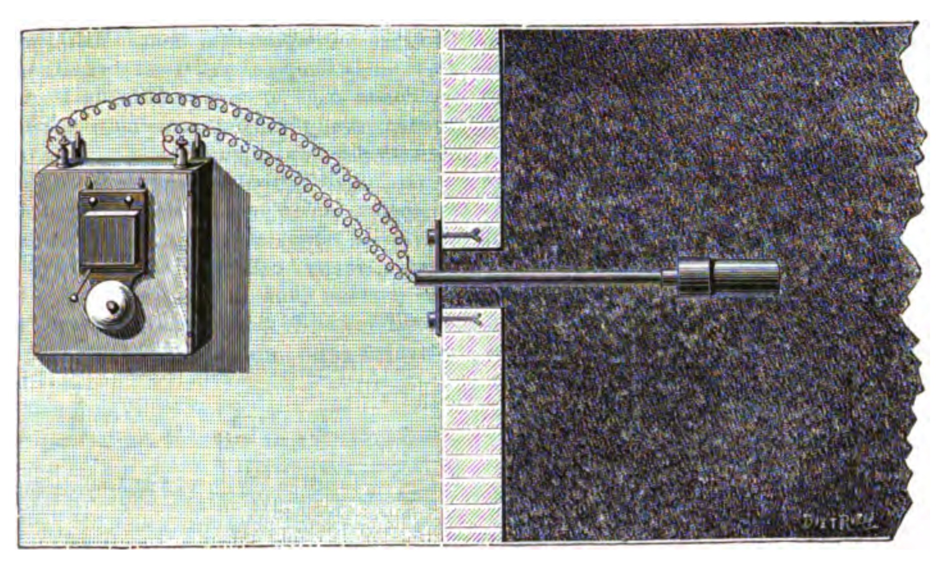


Fig. 1025. — Canne thermométrique exploratrice.

pérature, indiquée par le thermomètre T, est celle que l'on cherche. La poire P sert à insuffler de l'air par le tube C dans le manchon qui entoure le mercure, lorsqu'il est né-

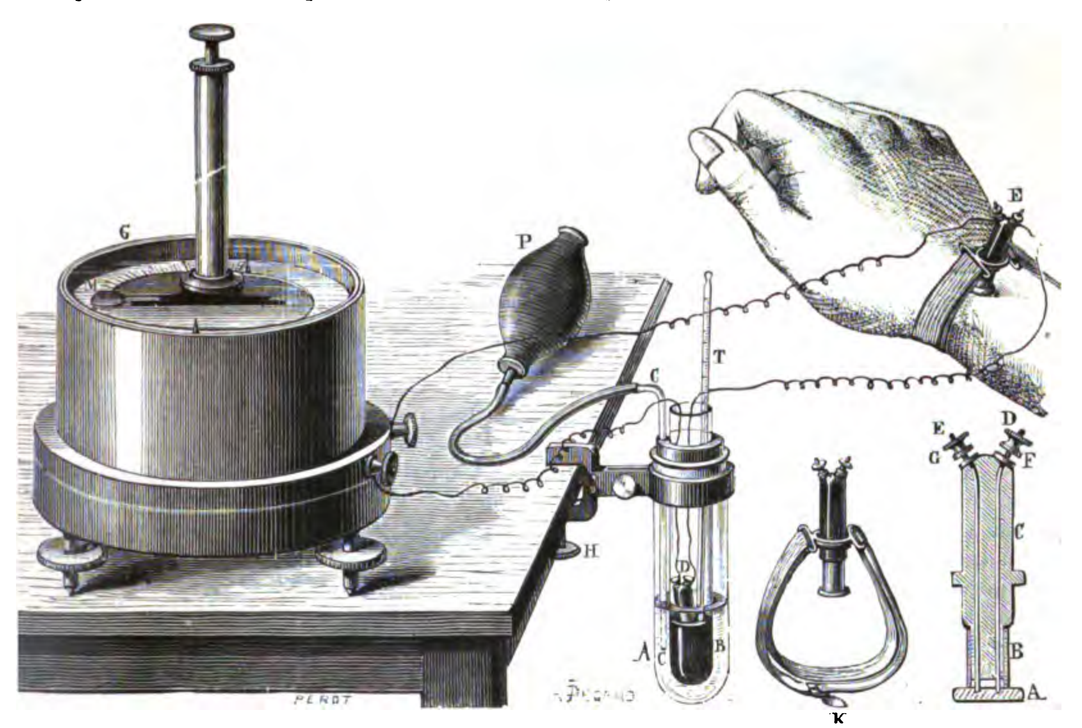


Fig. 1026. — Thermomètre électrique du Dr P. Redard.

cessaire de refroidir le liquide qu'il contient. Les *aiguilles thermo-électriques*, imaginées par Becquerel, sont formées aussi de deux éléments montés en opposition ; mais chaque cou-

ple est formé de deux fils métalliques soudés par une extrémité. L'aiguille est à soudure médiane lorsque les deux fils, placés bout à bout, se trouvent de part et d'autre de la soudure. On se sert plus souvent aujourd'hui d'aiguilles à soudure terminale (fig. 1027). Les deux fils de cuivre et de fer *c* et *f*, placés parallèlement, sont soudés sur une partie de leur longueur, puis on use l'extrémité commune S, de manière à la rendre pointue. Ce système permet d'introduire l'aiguille dans un corps présentant une certaine résistance.

Les aiguilles peuvent servir encore à donner la température en des points difficilement accessibles, par exemple au sommet ou sur les branches d'un arbre, à l'intérieur du sol, etc. La figure 1027 montre une aiguille S. implantée au sommet d'un arbre et montée en opposition avec une autre aiguille C, plongée dans un vase E rempli d'eau, dont le thermomètre T indique la température. G est un galvanomètre intercalé dans le circuit. Lorsque le galvanomètre est au zéro, le thermomètre T indique la température de l'aiguille S.

Ces aiguilles sont surtout employées en physiologie : ainsi l'on a pu s'en servir pour comparer les températures du sang artériel et du sang veineux, celles du sang avant et après son passage dans une glande telle que le foie. la différence de température entre un muscle au repos et un muscle qui travaille, etc.

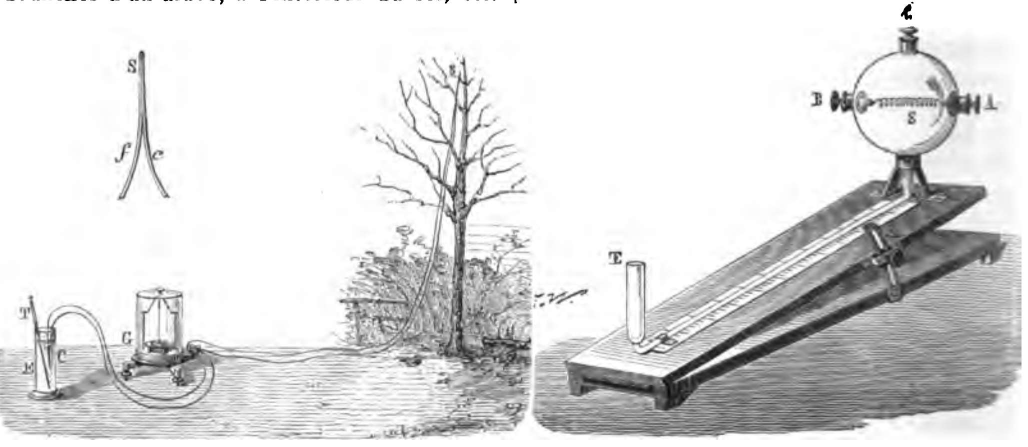


Fig. 1027. — Aiguille thermo-électrique à soudure terminale.

Fig. 1028. — Thermomètre de Riess.

Il existe enfin des thermomètres fondés sur les variations de résistance. L'un des plus simples est celui de Siemens, qui a été appliqué à la mesure de la température du fond de la mer. Deux spirales de cuivre identiques AA', placées sur les branches correspondantes d'un pont de Wheatstone, étant d'abord à la même température, on amène le galvanomètre au zéro en faisant varier les résistances des deux autres branches. Puis on descend l'une des hélices A au fond de l'eau, et l'on ramène le galvanomètre au zéro en faisant varier la température de l'hélice A'. Quand l'équilibre est rétabli, la spirale A' a la même température que la première. M. A. Langley a imaginé un thermomètre fondé aussi sur les changements de résistance (Voy. Bolomètre).

Enfin le thermomètre de M. Eichhorst est fondé sur les variations de résistance de l'étain. C'est un pont de Wheatstone ayant deux de ses branches formées de deux grilles d'étain très minces, fixées sur les deux faces d'une plaque épaisse d'ébonite; les deux autres branches sont constituées par un fil divisé avec curseur mobile. Le galvanomètre est relié au curseur et à la jonction des deux grilles d'étain, la pile aux deux bouts du fil divisé. Lorsque l'une des grilles s'échauffe, sa résistance augmente et le galvanomètre est dévié.

L'appareil ayant été gradué préalablement, on peut mesurer l'échauffement. Ce thermomètre est très sensible : il suffit de placer la main à un mètre de l'une des grilles pour faire dévier l'aiguille. L'auteur l'a appliqué à l'étude de la radiation calorifique de la peau.

Thermomètres de Kinnersley et de Riess. — Kinnersley a construit un petit thermomètre à air qui montre la chaleur dégagée par l'étincelle ou par le passage d'un courant dans un fil métallique. On fait passer l'étincelle ou on tend le fil entre deux tiges de métal dans un cylindre de verre, fermé à la partie inférieure

par de l'eau qui s'élève à la même hauteur dans un tube latéral. La dilatation de l'air projette l'eau par le tube.

Riess a perfectionné ce petit appareil pour mesurer la chaleur dégagée. Le fil S, relié par A et B avec la pile ou la batterie, est fixé dans une boule de verre communiquant avec un tube capillaire légèrement incliné et qui se relève en un tube vertical E beaucoup plus large. Le tube capillaire est rempli de liquide que l'augmentation de pression repousse sans le faire jaillir au dehors. Le déplacement du sommet de la colonne dans le tube incliné est proportionnel à la chaleur dégagée. En inclinant plus ou moins le tube, on fait varier la sensibilité.

THERMO-MICROPHONE. — Sorte de microphone inventé en 1885 par le D[r] Ochorowicz. Les variations d'intensité du courant sont dues aux changements de résistance d'une agglomération de poussières métalliques sous l'influence des vibrations d'un diaphragme. Il faut que les poussières s'échauffent par le courant pour que l'appareil acquière sa sensibilité, d'où son nom. Le thermo-microphone fonctionne sans bobine d'induction.

THERMO-MULTIPLICATEUR. — On désigne ainsi l'appareil employé par Nobili et Melloni pour l'étude de la chaleur rayonnante, et qui se compose d'une pile thermo-électrique (fig. 740) et d'un galvanomètre (fig. 375) des mêmes auteurs. L'ensemble de ces deux appareils forme un thermomètre différentiel très sensible. En effet, si l'une des faces de la pile est soumise à l'action d'une source de chaleur, il se produit une force électromotrice proportionnelle à la différence de température des deux faces, et l'appareil est le siège d'un courant dont le galvanomètre, gradué préalablement, indique l'intensité.

Le rapport des intensités obtenues dans les différents cas est égal au rapport des élévations de température de la face de la pile qui est soumise à l'expérience.

THERMOPHONE. — Voy. THERMO-TÉLÉPHONE.

THERMOSCOPE. — On donne ce nom à tout appareil servant à constater des variations de température. Le microtasimètre (Voy. SUPPLÉMENT) de l'Édison est un bon thermoscope, car les variations de température produisent dans le charbon des changements de pression.

THERMO-TÉLÉPHONE. — M. Preece donne ce nom à une sorte de téléphone formé d'un diaphragme, au centre duquel est fixé un fil de platine très fin attaché par l'autre bout à l'intérieur du manche de l'appareil. Le courant envoyé par le transmetteur passe dans ce fil et y provoque, par ses variations d'intensité, des changements de température et par suite des dilatations et des contractions qui font vibrer le diaphragme.

TISSAGE ÉLECTRIQUE. — On a essayé depuis longtemps d'appliquer l'électricité au tissage et de remplacer les cartons des métiers Jacquart par des interrupteurs agissant sur des électro-aimants. Cette disposition exigeait de la pile un travail trop considérable; aussi n'a-t-elle pas donné de résultats sérieux.

TONNERRE. — Bruit qui accompagne les éclairs. Bien que les décharges atmosphériques soient tout à fait comparables, aux dimensions près, à celles de nos machines, le tonnerre est constitué généralement par un roulement plus ou moins prolongé qui ne rappelle en rien le bruit sec que produisent nos appareils. Cette différence s'explique par la grande longueur des éclairs, qui fait que le bruit ne peut pas nous arriver simultanément de tous les points de la décharge. Les échos produits à la surface des nuages ou du sol contribuent aussi à prolonger le roulement, comme on le constate surtout dans les pays de montagnes.

On entend ordinairement le tonnerre quelques instants après l'éclair : cet intervalle permet de calculer approximativement la distance de la décharge.

TORPILLE. — Poisson muni d'un appareil électrogène (Voy. ce mot).

TORPILLE ÉLECTRIQUE. — Les premiers essais pour appliquer l'électricité aux torpilles eurent lieu vers 1829. On se servit d'abord de la bobine de Ruhmkorff pour enflammer des torpilles à distance. Pendant la guerre austro-italienne, en 1866, les ports autrichiens étaient défendus par plusieurs lignes de torpilles assez rapprochées. Une lentille convergente et un prisme à réflexion totale donnaient, dans une chambre noire, une image horizontale du port, sur laquelle les positions des torpilles étaient figurées par des points noirs. Lorsqu'un vaisseau passait sur un de ces points, l'officier placé en observation n'avait qu'à appuyer sur la touche correspondante d'un clavier pour déterminer l'explosion de la torpille placée en ce point. Le même procédé a été appliqué à la défense de l'Escaut en aval d'Anvers.

Signalons encore le procédé de mise de feu Maury, qui a l'avantage d'être automatique et d'écarter l'influence de l'émotion de l'opérateur ou des autres causes qui pourraient faire pro-

duire l'explosion mal à propos. Les fils qui partent de la pile K (fig. 1029) aboutissent aux deux stations PP', où ils sont reliés aux pieds métalliques des deux lunettes $f_1 f_2$. Le pied de chaque lunette peut pivoter sur lui-même et porte une manette qui peut toucher les contacts 1, 2, 3, .. ou 1', 2', 3',... Le circuit de chaque torpille aboutit en P et P' aux deux contacts de même numéro. Ces contacts sont placés de telle sorte qu'ils sont touchés par la manette lorsque la lunette vise la torpille correspondante. Les observateurs placés en P et P' suivent la marche du vaisseau en visant avec la lunette un point déterminé. Lorsque les deux lignes de visée se coupent sur la torpille 2, comme le montre la figure, le circuit de cette

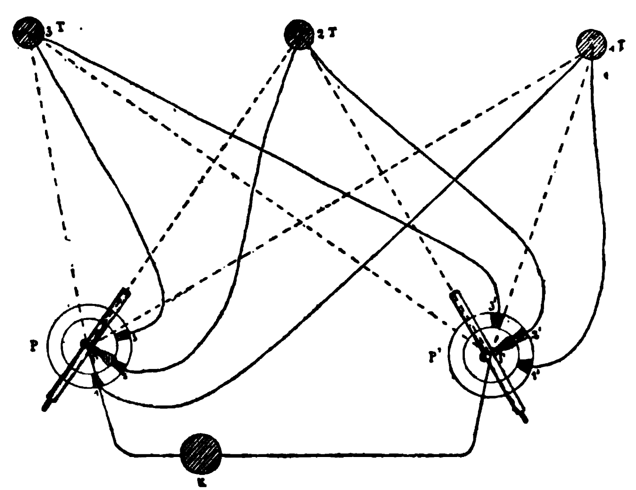


Fig. 1029. — Station télescopique à la Maury.

torpille est fermé par les deux manettes et elle fait explosion.

L'électricité joue un rôle plus important dans les torpilles automobiles dirigeables. Nous n'insisterons pas sur la torpille Whitehead, qui n'est pas dirigée par l'électricité.

Le principe des torpilles dirigeables par l'électricité est dû au colonel Hennebert; mais, dans ce premier modèle, la torpille emportait la source d'électricité, de sorte qu'on perdait toute action sur elle.

La torpille du colonel Lay, connue sous le nom de *Lay's torpedo Boat*, a été imaginée en 1872 et modifiée plusieurs fois. Elle a la forme d'un cigare aplati et se divise en quatre compartiments. Le premier A (fig. 1030) est la

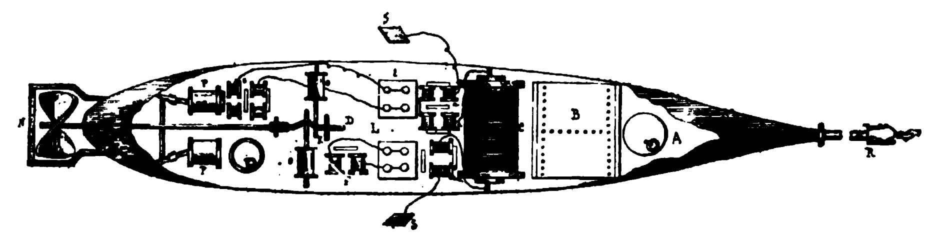


Fig. 1030. — Torpille électrique automobile du colonel Lay.

chambre explosive et contient une grande quantité de poudre brisante. Cette chambre peut être remplacée, si l'on veut éviter la destruction de l'appareil, par une hampe portant à sa partie antérieure une torpille automatique R.

En B se trouve un réservoir contenant 400 litres d'acide carbonique liquide et pouvant supporter une pression de 125 atmosphères. Cet acide peut être envoyé, au gré de l'opérateur, au moyen d'électro-aimants actionnés par des piles, soit dans la machine à cylindre oscillant qui commande l'arbre de l'hélice, soit dans la machine à cylindre fixe qui dirige le gouvernail. Ces machines sont placées dans le compartiment D. Des détendeurs spéciaux donnent à l'acide carbonique la pression convenable pour agir sur les machines.

Enfin le compartiment C renferme un treuil

ɔrtant 4 kilomètres de câble double isolé. L'un ɜs câbles ferme le circuit des piles sur les ectro-aimants de la machine motrice, l'autre r ceux de la machine du gouvernail.

Cet appareil, qui présente des dispositions ·s ingénieuses, a l'inconvénient d'être très icat. Son fonctionnement laisse souvent beau-ıp à désirer; de plus il est fort coûteux 000 à 60000 fr.). Enfin, comme il circule à petite profondeur, le bouillonnement du de la machine et le mouvement de l'hélice vent déceler facilement sa présence; il en ılte aussi qu'il attaque trop près de la ligne lottaison, ce qui diminue beaucoup ses effets. ɔus signalerons aussi la torpille Nordenfelt, ·st le type le plus récent. Son poids atteint kilogrammes; elle peut contenir 130 kilo-ımes de dynamite. Tous ses organes sont par l'électricité. Un bateau la transporte ›int voulu, d'où elle file en ligne droite, dévier, jusqu'au bout du câble.

perfectionnements apportés récemment ɔrpilleurs sous-marins enlèvent beaucoup rêt à ces appareils. Cependant nous signa-; encore deux modèles qui viennent d'être l'essai. La torpille Sims Édison a la forme useau allongé; elle est solidement fixée sous d'un flotteur, qui nage à la surface t porter des signaux quelconques, per-ıt de suivre la marche de l'appareil. La elle-même est divisée en quatre par-sant chacune environ 200 kilogrammes. tion antérieure contient l'explosif; la ·e suivante, qui est cylindrique, renferme ɔine de câble qui se déroule pendant la . Le troisième compartiment contient ·ur, que le câble relie à une dynamo terre, et qui actionne l'hélice placée à , et un électro-aimant polarisé qui ıde le gouvernail placé au-dessus de Pour déterminer l'explosion, il suffit de r le courant. Dans les expériences la torpille marchait avec une vitesse de ; à l'heure.

·pille « *Victoria* », construite par nan et Froude, est actionnée par un eur à air comprimé, alimenté par un placé à l'avant, derrière le mélange Pour compenser la perte de poids due ase d'air, quatre chambres, fermées istons, s'ouvrent peu à peu et se rem-'eau. Une dynamo placée à terre com-moteur et le gouvernail comme dans précédent. Un liquide phosphoré s'é-à peu et vient brûler à la surface de l'eau pour permettre de suivre la marche de la torpille.

On donne encore le nom de *torpille électrique* à la petite expérience suivante : on place dans un vase de verre plein d'eau un fil fin de platine, dans lequel on lance la décharge d'une batterie électrique. Le liquide est projeté à une petite hauteur et le vase est brisé.

TORPILLEUR ÉLECTRIQUE. — Bateau porte-torpille mû par l'électricité.

Le torpilleur sous-marin système Goubet, qui était à l'origine mû par son équipage, a été ensuite rendu électrique. Le moteur est une petite dynamo Siemens *d* (fig. 1031), pesant seulement 180 à 200 kilogrammes et tenant fort peu de place. Elle marche à 48 volts et est alimentée par 30 accumulateurs pesant ensemble 1800 kilogrammes et placés à l'avant. Le débit est de 8,8 ampères. La puissance disponible est donc de 422,4 watts, ce qui donne environ 42 kilogrammètres par seconde; c'est la puissance nécessaire pour imprimer au bateau, complètement immergé, une vitesse de 5 nœuds à l'heure. 24 accumulateurs suffisent pour donner cette puissance; les 6 autres servent de réserve. Cette batterie se charge en deux heures et peut marcher quatorze heures : on fait varier le nombre des accumulateurs en circuit suivant la vitesse qu'on veut obtenir. L'hélice peut être inclinée dans tous les sens sur l'axe du navire, au moyen d'une charnière articulée, placée entre le bateau et le support mobile de l'hélice; cette charnière est disposée de telle sorte que, lorsqu'on place l'hélice obliquement, l'angle qu'elle fait avec la charnière est égal à l'angle que fait celle-ci avec l'axe du bateau. Cette égalité d'angle est indispensable pour obtenir la régularité du mouvement par joints articulés. Par cette disposition, l'arbre de la machine ne subit aucun effort longitudinal, l'hélice peut se déplacer d'un quart de cercle de chaque côté de cet arbre et le mouvement reste régulier. Cette hélice mobile dispense de l'emploi d'un gouvernail et le torpilleur peut exécuter sur place toutes les évolutions nécessaires, même avec une très petite vitesse. Une enveloppe étanche préserve le manchon d'accouplement du contact de l'eau et l'hélice tourne toujours à eau vive.

L'électricité sert en outre pour mettre le feu à la torpille, dont le levier se voit en T. *m* est la manivelle qui commande l'hélice-gouvernail.

Des rames O, fixées de chaque côté, servent à faire mouvoir le bateau en cas d'avarie à l'appareil électrique.

Ces rames sont divisées en deux parties distinctes. La poignée levier se relie de l'intérieur

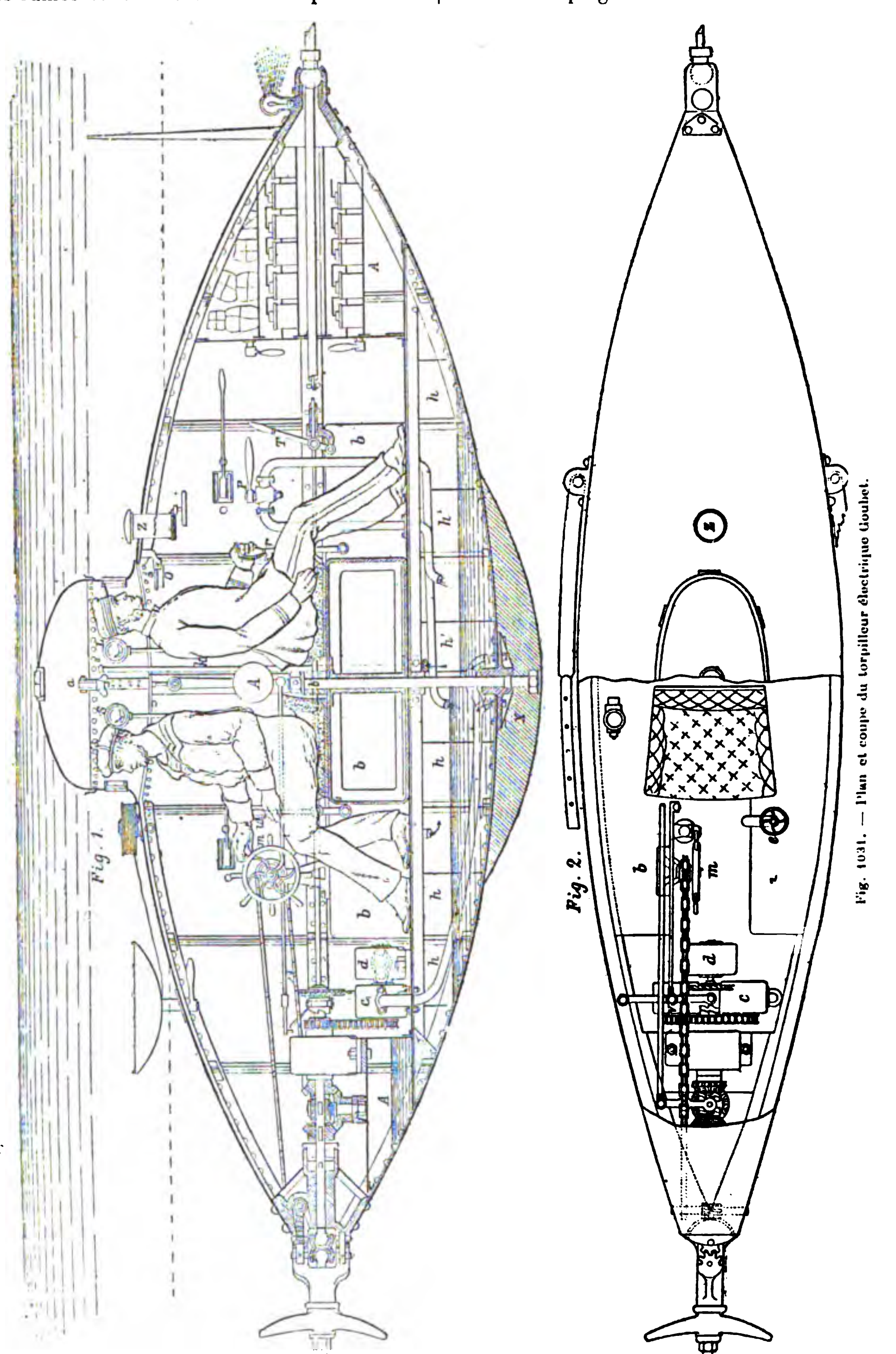


Fig. 1031. — Plan et coupe du torpilleur électrique Goubet.

avec la tige de la rame par un axe qui traverse une chappe en bronze fixée par des joints aux flancs du torpilleur. La tige de la rame est à fourche et chaque trou de cette fourche a une

:ainure dans laquelle vient se loger l'une des :lavettes fixées sur l'arbre.

La palette est formée de volets mobiles qui 'iennent s'appuyer l'un sur l'autre au moment u travail sur l'eau et qui s'écartent lorsque la ame revient en sens contraire.

Dans l'intérieur de la chappe, qui forme une)rte de poche s'ouvrant vers l'intérieur du iteau, se trouvent deux écrous en bronze 'ec garniture de caoutchouc faisant joint, ıur empêcher l'infiltration de l'eau le long de xe.

Quand le bateau est actionné par l'électricité, rames sont appliquées le long dss flancs et gênent en rien la manœuvre.

:e torpilleur porte un certain nombre de dis-ıitions ingénieuses sur lesquelles nous ne ıvons insister, parce qu'elles n'ont aucun port avec l'électricité. Lorsque le bateau cline en avant ou en arrière, un pendule A, :é au milieu, reste vertical et actionne la ıpe avant dans le premier cas, la pompe ère dans le second, pour faire passer l'eau des compartiments dans l'autre et faire esser l'embarcation.

ı petit tube Z, muni de deux obturateurs us solidaires par un mécanisme conve-:, permet de communiquer avec le navire port voisin. On peut introduire dans ce une fusée qui monte rapidement à la ce de l'eau et y fait explosion, indiquant ement la position du torpilleur. Le même)eut servir à établir une communication ıonique.

r lancer une fusée-signal, on l'introduit e tube Z; l'obturateur supérieur est alors et ampêche l'eau de pénétrer. Dès qu'on ıe l'obturateur inférieur, l'autre s'ouvre, usée, plus légère que l'eau, monte verti-:nt à la surface. Deux ailettes, plus lé-:ncore que la fusée elle-même, l'entraî-ans cette ascension; à l'arrivée à la sur-les se rabattent par leur poids, et font :her le percuteur : la fusée fait explosion. ruit de l'explosion peut être entendu moins loin, suivant la charge de la fu-nuit, on peut se servir de feux de cou-ur indiquer l'endroit et la profondeur ouve le torpilleur.

u'on ouvre de nouveau l'obturateur in-pour placer une autre fusée, la petite d'eau qui avait remplacé la fusée pré-dans le tube Z est conduite par un petit ns les réservoirs, et la place se trouve

Lorsque le torpilleur a appelé un navire par l'emploi des fusées, il peut se mettre en communication téléphonique avec lui, en laissant monter par le tube Z une petite bouée qui porte un fil conducteur. Il peut même, en cas de manœuvre à portée du navire, rester en communication permanente avec lui.

Enfin un poids de sûreté X, retenu par un écrou, peut être détaché facilement du bateau et permet à celui-ci de remonter à la surface dans tous les cas.

La marine anglaise emploie le torpilleur sous-marin Waddington, qui est fusiforme et divisé en trois compartiments étanches par les cloisons BB. Les compartiments extrêmes CC contiennent une réserve d'air comprimé pour la respiration de l'épuipage, qui est composé de deux hommes (fig. 1032). Ces hommes se tiennent dans le compartiment médian, qui renferme les machines.

Quarante-cinq accumulateurs, contenus dans les caisses D, actionnent quatre dynamos. La plus grande, qui absorbe 90 volts et 65 ampères, actionne l'hélice F à 750 tours par minute. A grande vitesse, le bateau peut marcher dix heures en faisant 15 kilomètres à l'heure. Il peut fournir 200 kilomètres à vitesse moyenne, et 280 à petite vitesse. Deux autres petites dynamos commandent des hélices horizontales placées dans les conduits verticaux NN et servant à faire monter ou descendre le torpilleur, lorsqu'il est au repos. La quatrième dynamo fait marcher deux gouvernails horizontaux II, qui règlent la stabilité. Deux gouvernails verticaux servent à diriger le bateau, et des gouvernails latéraux, mus par le levier M, se placent sous différents angles pour maintenir le bateau à la profondeur voulue. Les caisses à eau sont remplies à l'origine de manière que le kiosque émerge seul. Des garde-corps permettent de se tenir sur la coque.

Outre une torpille électrique, ce bateau porte sur ses flancs deux torpilles automobiles Whitehead L, qu'on lance à 30 ou 40 mètres, quand les vaisseaux ne sont pas protégés par des filets.

Nous signalerons enfin le torpilleur sous-marin le *Gymnote*, construit d'après les plans de Dupuy de Lôme et les indications de M. Zédé. Ce bateau, en forme de fuseau (fig. 1033) a 8,85 m. de long sur 2,10 m. de large; son déplacement est de 5 tonnes. 132 accumulateurs Commelin-Desmazures, pesant 2300 kilogrammes, sont placés au centre. Un commutateur modifie le nombre des éléments employés et permet

d'obtenir quatre vitesses différentes pour la marche en avant et deux pour la marche en arrière.

Les accumulateurs actionnent une dynamo multipolaire extrêmement légère, imaginée par

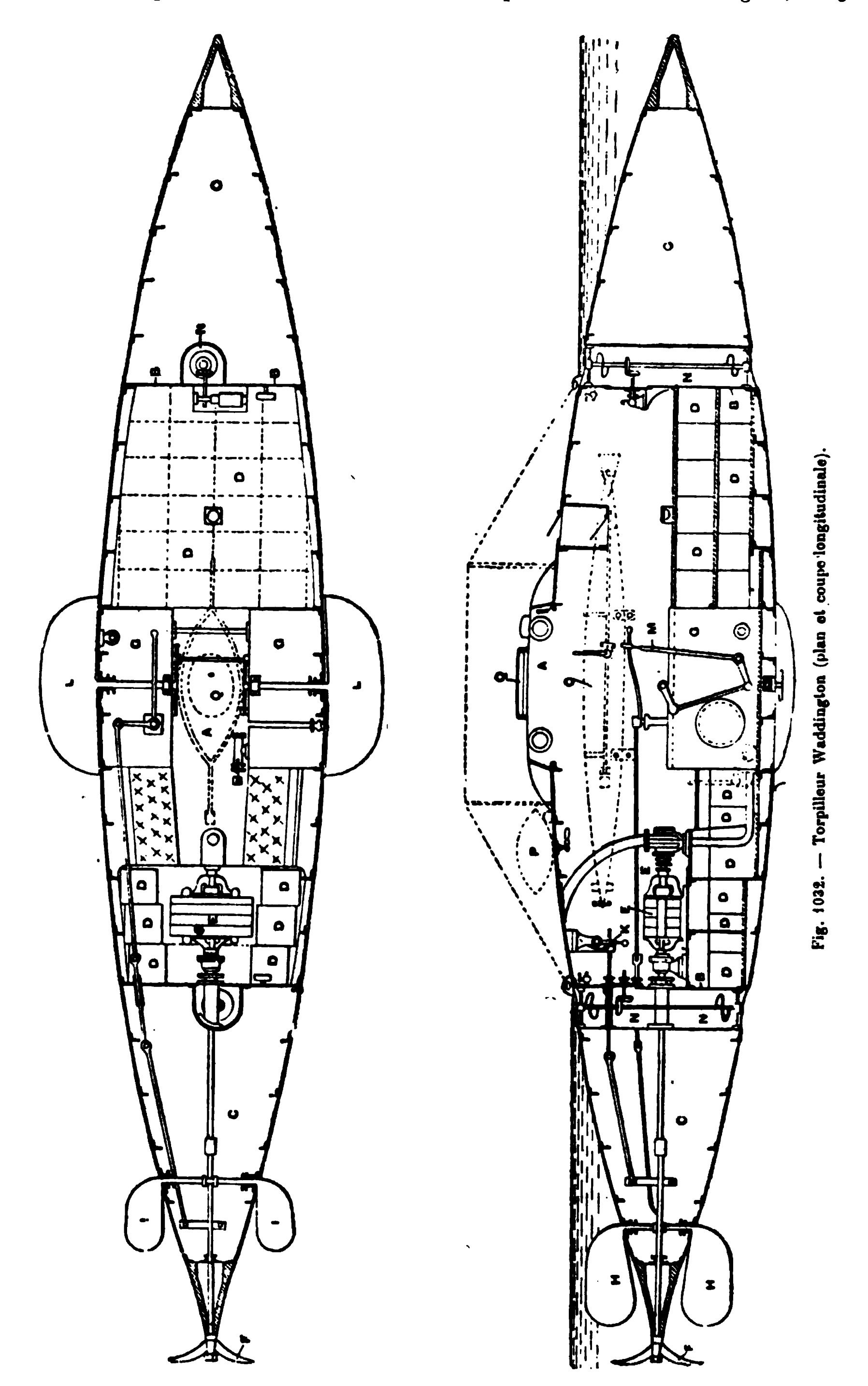


Fig. 1032. — Torpilleur Waddington (plan et coupe longitudinale).

le capitaine A. Krebs. Ce moteur marche à faible vitesse et commande directement l'arbre de l'hélice, près de laquelle il est placé. Les accumulateurs suffisent pour le faire tourner

ɪendant plus de dix heures. Des gouvernails ɪorizontaux permettent de diriger ce bateau ntre deux eaux. Un tube coudé muni de miroirs sert à observer au dehors. Enfin les réservoirs d'air comprimé et les autres détails de l'installation intérieure ne diffèrent pas sen-



Fig. 1033. — Torpilleur sous-marin le *Gymnote*.

ɔlement de ceux des torpilleurs précédem-:nt décrits. Un certain nombre de torpilleurs type Gymnote ont été mis en chantier.

[ORSION MAGNÉTIQUE. — Un fil de fer ɪanté se tord dans un certain sens quand il traversé par un courant. Maxwell attribue phénomène à l'allongement provenant de mantation.

OURMALINE. — La tourmaline est un mi-ɪl assez complexe, formé par un groupe de oborates fluorifères d'alumine, dans les-ls domine tantôt la magnésie, tantôt le fer, : accompagnement de manganèse, de chaux, oude, de potasse et parfois de lithine. On y ve souvent des traces d'acide phosphorique. . tourmaline est noire, brune, verte, bleue, e ou lie de vin; elle cristallise en prismes à ɪu à neuf pans, ayant souvent une section gulaire qui rappelle un triangle sphérique. 1717, Lemery, Alpicus et Canton ont dé-:rt que la tourmaline s'électrise quand on ɪauffe (Voy. Pyroélectricité). En 1881, Curie ont montré qu'elle s'électrise égale-par la pression.

JRNIQUET ÉLECTRIQUE. — Application uvoir des pointes, imaginée par Hamilton ɔ0. Sur un pivot métallique, implanté sur ɪachine électrique, on pose une chape ɪt un certain nombre de tiges métalliques ɪantes terminées en pointe et recourbées dans le même sens (fig. 1034). Les molé-'air voisines des pointes s'électrisent et ɔussent : l'appareil tourne donc en sens re des pointes. Ce petit instrument également lorsqu'on le place dans le voi-d'une machine électrique et qu'on le ɪ sol.

le vide ou les gaz très raréfiés, l'appareil ne plus. Si on le place sous une cloche ɜ bien isolante, il tourne d'abord rapi-, puis s'arrête tout à fait. C'est que es molécules du gaz intérieur finissent ɜctriser et l'équilibre s'établit. En posant la main sur la cloche, on modifie la distribution intérieure et l'appareil recommence à tourner. Le tourniquet fonctionne dans les liquides isolants tels que l'huile d'olive, et ne

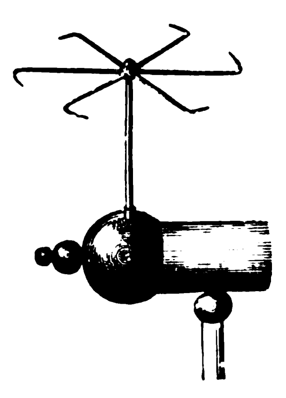


Fig. 1034. — Tourniquet électrique.

tourne pas dans les liquides conducteurs comme l'eau. Un grand nombre de physiciens ont étudié le tourniquet électrique et l'ont modifié, notamment MM. Neyreneuf, Ruhmkorff, Bichat.

Quelle que soit la disposition donnée à l'expérience, l'explication est la même. L'appareil ne tourne que s'il se produit quelque part des fuites d'électricité, et le sens de la rotation est déterminé par la direction du vent électrique.

C'est ainsi que s'expliquent les expériences suivantes de M. Neyreneuf, Si l'on prend un tourniquet formé d'unc seule aiguille, terminée d'un côté par une boule, de l'autre par une pointe recourbée, et qu'on le pose sur une pointe conductrice placée au milieu d'un disque conducteur relié avec une machine électrique, l'appareil tourne à la manière ordinaire, c'est-à-dire en sens inverse de la pointe. Si au contraire on place l'appareil dans une position excentrique, il peut rester immobile, ou se déplacer dans un sens quelconque pour atteindre une position d'équilibre, ou se mettre

à tourner dans la direction de la pointe. Si l'on place ce tourniquet, communiquant avec le sol, en face d'un conducteur électrisé, on peut obtenir encore les mêmes effets.

Si l'on garnit les pointes du tourniquet avec des boules de moelle de sureau, l'appareil tourne dans le sens ordinaire et à peu près avec la même vitesse. Si l'on emploie des boules isolantes, la rotation se ralentit notablement et peut même changer de sens.

Le vent électrique se produit suivant la ligne de force et n'est pas nécessairement dans la direction de la pointe. Ruhmkorff l'a montré au moyen d'une sorte de tourniquet formé d'un disque de mica tournant sur une pointe verticale, fixée elle-même au centre d'une plaque d'ébonite. Cette plaque porte en outre deux tiges verticales, situées dans un même plan avec l'axe de rotation. Ces tiges se terminent en pointe à la partie supérieure et communiquent respectivement par la partie inférieure avec deux tiges horizontales dont l'une est effilée et l'autre arrondie.

Si l'on prend à la main la tige arrondie et qu'on approche la tige effilée du conducteur d'une machine qui donne de l'électricité positive, la tige effilée laisse échapper de l'électricité négative, et la pointe avec laquelle elle communique donne de l'électricité positive, qui charge la lame de mica. L'autre pointe verticale, qui est reliée avec le sol, donne de même de l'électricité négative.

Si tout est symétrique par rapport au plan des deux tiges, le disque de mica est en équilibre; si on le déplace un peu dans un sens quelconque, il continue à tourner avec une vitesse croissante. Mais, si l'on place l'appareil de sorte que le plan des tiges soit oblique par rapport au conducteur, l'électricité s'écoule des pointes verticales obliquement par rapport au plan de symétrie. L'appareil se met à tourner dans un sens déterminé et reprend bientôt son mouvement, si on essaie de le faire tourner en sens contraire. Dans cette rotation, la partie des disques voisine de la pointe négative doit s'éloigner du conducteur de la machine.

TRACTION ÉLECTRIQUE. — Le problème de la traction des véhicules par l'électricité présente un grand intérêt. L'électricité offrirait dans les villes l'avantage inappréciable de supprimer la fumée. En outre, les locomotives des chemins de fer et surtout des tramways donnant un rendement très inférieur à celui des machines à vapeur perfectionnées à grande détente, l'électricité pourrait arriver facilement à donner une économie sérieuse. Enfin cette économie serait encore plus sensible dans le cas où l'on pourrait utiliser des forces naturelles, telles que chutes d'eau, etc. De plus, la traction électrique présenterait dans les villes d'autres avantages; les voitures, pouvant effectuer par jour un nombre de kilomètres plus considérable, ne nécessiteraient pas un matériel aussi important, et la surface occupée actuellement par les dépôts pourrait être diminuée dans une proportion de 40 p. 100, la place nécessaire étant beaucoup moins grande qu'avec les chevaux.

Les chemins de fer électriques, déjà très répandus aux États-Unis, sont peu nombreux en Europe. Un certain nombre de tentatives ont cependant été faites, mais elles s'appliquent seulement à des trains composés d'une ou deux voitures et sur des trajets de petite longueur : ce sont donc en réalité des tramways (Voy. ce mot). Les systèmes employés sont nombreux, mais leur installation est encore trop récente pour qu'on puisse se prononcer sur leurs avantages et leurs défauts respectifs, ainsi que sur le prix de revient.

Puissance de traction. — M. Hospitalier donne les renseignements suivants sur la puissance de traction nécessaire pour mettre en marche un véhicule. Cette puissance est

$$P = KFv$$

v étant la vitesse, F le poids du véhicule et K le coefficient de traction. Le produit K F est l'effort de traction, c'est-à-dire l'effort horizontal nécessaire pour maintenir le véhicule à la vitesse v. D'après le général Morin, K est égal pour les tramways à 1 ou 2 p. 100, suivant que la voie est propre ou sale, pour les chemins de fer à 0,05 p. 100. Si la voie, au lieu d'être en palier, présente une rampe, il faut en tenir compte. Pour cela, on ajoute au terme précédent la puissance nécessaire pour soulever le véhicule de la hauteur de la rampe. Si la rampe est de n centimètres par mètre, la voiture s'élève de nv centimètres par seconde, ce qui donne

$$P' = \frac{nvF}{100}.$$

Pour un véhicule pesant 1000 kilog., ayant une vitesse de 3 mètres par seconde, sur une rampe de 1 centimètre par mètre, le coefficient de traction étant 2 p. 100, on a

$$P = 0,02 \times 1000 \times 3 = 60 \text{ kgm.}$$
$$P' = 0,03 \times 1000 = 30 \text{ kgm.}$$
$$P + P' = 90 \text{ kgm.}$$

.e moteur doit fournir 90 kilogrammes par seonde.

TRADUCTEUR. — Organe du récepteur du ;légraphe multiple de Baudot, qui reçoit la)mbinaison de signaux produite par les relais ; la traduit en un caractère imprimé (Voy. TÉ:GRAPHE).

TRAMWAY ÉLECTRIQUE. — Tramway mû ır l'électricité. Deux systèmes principaux uvent être employés : tantôt l'on produit lectricité dans une station, placée en un point elconque du parcours, et on envoie le count au moteur placé sur la voiture. On peut au ıtraire alimenter le moteur par une batterie ccumulateurs chargée à l'usine et placée sur véhicule. Chacun de ces deux systèmes ıt se prêter à plusieurs dispositions différtes, que nous allons indiquer successivent.

'ramways alimentés par une machine fixe. Le courant de la dynamo peut être conduit noteur par différents procédés, que M. Reczaun classe de la manière suivante :

Les rails servent de conducteurs au courant. Ce système a été proposé le premier par Siemens et Halske pour la traction des ıways. Les essieux sont isolés des roues, et ıoteur communique avec les rails par des s ou des galets qui frottent ou qui roulent eur surface. La première application a été à l'exposition industrielle de Berlin 379.

système se recommande au point de vue nplicité et de l'économie ; mais il exige un ıcement séparé des rues et des autres et les rails sont difficiles à isoler.

tramway de ce genre fut installé en 1881 l'École centrale militaire et la gare de ırfelde, sur le chemin de fer de Berlin à t. La ligne avait 2400 mètres de longuenr. .e est à 803 mètres environ de la station hterfelde : le courant, de 100 volts, est it par deux dynamos Siemens, alimentées ux machines à vapeur de six chevaux. urs ordinaires, on n'emploie qu'une maactionnant une seule voiture de vingtplaces, qui pèse à vide 3200 kilogrammes vingt-quatre voyages par jour. Le pardure huit minutes. Les jours de fête, on e les deux dynamos et deux voitures. ls sont posés le long de la route ou dans ımps, sur des traverses ordinaires en ans aucucune précaution spéciale pour ıent. A la traversée des routes, ils sont t le courant passe par des conducteurs souterrains. La force électromotrice est trop faible pour être dangereuse.

Cette ligne a été prolongée en 1890 de 1,5 kilomètre; le courant est amené à cette nouvelle partie de la ligne non plus par les rails, mais par des conducteurs aériens. Nous donnons plus loin la vue de cette disposition.

La ligne de Brighton fonctionne depuis 1884 entre l'entrée de l'aquarium et la jetée, sur une distance de 400 mètres; depuis cette époque, elle a été prolongée jusqu'à Kemptown, sur une longueur de 1600 mètres. L'usine comprend un moteur à gaz de douze chevaux et une dynamo compound de Siemens, donnant 160 volts. Les traverses des rails sont placées sur le galet de la plage, sans autre précaution. La ligne présente deux rampes assez fortes. On emploie une voiture les jours ordinaires, deux les jours de fête. Chaque voiture contient trente personnes et pèse 3250 kilogrammes avec les voyageurs. La vitesse est de 12,8 kilomètres à l'heure. La dépense de traction s'élèverait seulement à 12,5 centimes par voiture et par kilomètre.

Le tramway Siemens a figuré de nouveau à l'exposition d'électricité de Vienne (Autriche) en 1883, avec quelques perfectionnements destinés à éviter les changements de vitesse dans les rampes et dans les pentes. Deux dynamos Siemens étaient placées à l'une des extrémités du parcours. A l'exposition de Berlin, le courant était amené par un rail central isolé et retournait à la génératrice par les deux rails latéraux. A Vienne, il n'y avait que deux rails, isolés tous deux, et constituant avec la génératrice et la réceptrice un circuit fermé et complètement métallique. Des balais établissaient le contact; un commutateur à manivelle servait pour la mise en marche: pendant cette manœuvre, le courant traversait d'abord une résistance décroissante, pour éviter les étincelles; l'inverse avait lieu pour l'arrêt. La force électromotrice était de 150 volts. La ligne avait 1528 mètres de longueur.

M. Ries a remarqué que le passage du courant à travers les rails augmente l'adhérence des roues, pourvu que la vitesse ne dépasse pas une certaine limite. Il attribue cet effet à un changement moléculaire des surfaces dû à la grande quantité de chaleur dégagée. Il a proposé plusieurs moyens pour utiliser cette adhérence, notamment l'emploi d'un courant d'une intensité suffisante traversant un fil métallique qui entoure les essieux du véhicule. Cette méthode donne de bons résultats.

2° *Un rail central isolé amène le courant ; le retour se fait par les rails ordinaires.* Ce procédé, qui a figuré pour la première fois au tramway de l'Exposition de Berlin, a été appliqué par MM. Siemens en septembre 1883 à la ligne qui relie Portrush à Bushmills, dans le nord de l'Irlande, sur une longueur de 9600 mètres, et qui vient d'être prolongée jusqu'à la Chaussée-du-Géant. C'est actuellement la plus longue ligne électrique. Deux turbines de 50 chevaux, installées sur la rivière Bush, à 1450 mètres de la ligne, actionnent les dynamos, qui donnent un courant de 250 volts.

Le rail central est constitué par un fer en T, isolé et supporté par des poteaux de bois à 43 centimètres au-dessus du sol. Deux ressorts en acier, frottant sur ce rail, communiquent avec le moteur Siemens placé sur la voiture. Le courant retourne à la génératrice par les rails latéraux, qui sont soigneusement isolés du sol. Les dépenses d'exploitation s'élèvent à 0 fr. 187 par kilomètre et par voiture.

Une autre ligne du même système a été établie en Irlande en septembre 1885 entre Bessbrook et Nevry, sur une longueur de 4800 mètres. Une turbine de 62 chevaux actionne deux dynamos du système Edison-Hopkinson. Chaque train se compose d'une voiture électrique, portant trente-huit voyageurs et pesant 8000 kilog., et qui remorque trois wagons de marchandises pesant chacun 2000 kilog. Les dépenses s'élèvent à 0 fr. 25 par kilomètre et par train formé d'une voiture et de six wagons.

Plusieurs systèmes américains rentrent dans la même catégorie. Dans le système Sprague, le rail central, placé à 10 centimètres au-dessus du sol, est coupé aux aiguilles et points de croisement et divisé en tronçons de 160 à 180 mètres ; les extrémités de chaque section sont en rapport avec un gros conducteur isolé, qui amène le courant et qui accompagne le rail sur toute sa longueur. Le courant suit ce conducteur, pénètre dans la section du rail qui porte une voiture, passe par deux roues de bronze qui roulent sur le rail, par le moteur, et retourne à la génératrice par les rails latéraux. Le sectionnement de la ligne permet, en cas de contact ou d'accident, de supprimer la partie endommagée sans nuire au reste de la voie.

Dans le procédé Field, la roue qui prend le courant sur le rail isolé peut tourner autour d'un axe vertical, de sorte qu'on peut amener son plan, qui passe ordinairement par le rail, à être perpendiculaire à celui-ci tout en restant vertical. La roue agit alors comme une brosse et décape le rail. Le réglage des balais du moteur s'effectue automatiquement (Voy. BALAI, page 75).

Dans le système Daft, le rail central, en acier, repose sur des tasseaux de bois dur saturé d'asphalte. Le courant est pris par un galet en bronze phosphoreux relié au moteur, qui est généralement placé sur un truc spécial. Le système Daft a été appliqué le premier industriellement aux États-Unis ; il fonctionne depuis 1885 à Baltimore, où l'on a transporté, de septembre 1885 à mai 1886, 188591 voyageurs. Chaque train pèse 7810 kilog., dont 2270 pour le truc locomoteur, 2270 pour les voitures et 3270 pour les cinquante voyageurs. Le prix moyen de traction est 2,5 centimes par kilomètre et par voyageur, au lieu de 4,2 centimes, prix de la traction par chevaux.

3° *Le courant est amené par un câble isolé et des sections de rails, et le retour se fait par les rails ordinaires.* Dans ce procédé, le rail central se compose de tronçons isolés qui n'entrent dans le circuit qu'au moment du passage de la voiture et ne sont pas électrisés en temps ordinaire. Tels sont les systèmes de MM. Ayrton et Perry, de MM. Pollak et Biswanger. Ces inventeurs se sont proposé d'éviter les pertes de courant dues à un isolement défectueux, mais ils emploient des organes délicats, trop faciles à endommager. Ces procédés n'ont encore reçu aucune application.

Le système de M. Lineff, mis à l'essai en mai et juin 1890, paraît plus robuste et destiné à donner des résultats plus pratiques. Le courant est amené par un conducteur formé de deux câbles ou tringles et reposant dans des pièces en terre d'une forme spéciale; le tout est placé dans le sol, à une petite profondeur. Sur ce conducteur repose une bande continue de fer galvanisé, destinée à établir le contact au passage du véhicule. Le rail est double et formé de tronçons d'environ un mètre, isolés les uns des autres. Le rail le plus gros arrive au niveau du sol ; il est placé à l'intérieur de la voie, au milieu ou près des rails latéraux. Le plus petit est complètement enterré ; il est placé à côté du premier, et relié avec lui par des boulons en laiton, qui établissent une communication électrique, mais non magnétique. Le second rail sert à augmenter l'attraction magnétique du premier.

La voiture porte un électro-aimant monté sur un petit chariot indépendant, et dont les pôles sont très voisins du rail isolé ; deux roues roulent sur le rail central, et établissent le contact

;lectrique; la troisième, beaucoup plus petite jue les roues du véhicule, est placée sur l'un les rails ordinaires. Au passage de la voiture, 'électro aimante un petit nombre de tronçons u rail double; ces tronçons attirent la bande e fer galvanisé, qui se soulève et vient les toucher, les mettant en communication avec la ynamo; le courant passe dans le moteur et :tourne à la génératrice par les rails ordinaires. ; rail isolé n'est porté au potentiel du conducur souterrain que sur une longueur d'envin 6 mètres, inférieure à la longueur totale ı véhicule. On peut donc le toucher sans cun danger. L'électro-aimant reçoit le count principal, mais, à cause de sa grande istance, il n'en absorbe qu'une très faible rtie. Un accumulateur, placé sur la voiture, ionne l'électro-aimant au cas où la bande de , par un accident quelconque, retomberait le conducteur souterrain. Le fer est galva- é pour empêcher qu'il adhère au double rail l'effet du magnétisme rémanent.

ans cette catégorie rentre encore le projet : original de chemin de fer métropolitain senté par M. Berlier au conseil municipal Paris, et désigné sous le nom de tramway ılaire souterrain. Ce tramway comprendrait ; lignes, allant l'une de la place de la Cone au bois de Boulogne avec cinq stations, econde de la place de la Concorde à la lle par la rue Royale et les grands boule- ;, la troisième de la place de la Concorde icennes ; cette dernière se relierait à la :dente à la gare de la Bastille. Le trajet t complètement souterrain, sauf pour la rsée du bassin de l'Arsenal, qui se ferait ıduc. Le trajet comprend un tunnel cyline formé de plaques métalliques égales, se rdant pour former des anneaux circulaiıi se placent bout à bout. Le diamètre eur libre est de 5,60 m.

;semblage se fait à l'intérieur, et la surxtérieure est parfaitement lisse.

tunnel ainsi obtenu est complètement ıe et son sommet peut être placé à moins ıètre au-dessous du sol.

entilation est assurée par des colonnes ıbles aux colonnes-affiches et dont la supérieure est formée par une grille tant le toit.

;tations sont constituées par des excavae 15 mètres de largeur sur 25 à 30 mètres ueur, entourées par des murs épais de sou- ·nt et recouvertes d'un plafond constitué poutres de fer et des voûtes de briques.

Les quais sont de plain-pied avec le plancher des voitures ; un escalier, couvert d'une construction légère, débouche sur le trottoir de la rue.

Le courant est fourni par des usines situées vers le milieu du parcours, et le retour se fait par les rails et le tube.

Le tunnel contient deux voies. Les voitures sont munies d'un moteur assez puissant pour pouvoir, au besoin, remorquer une seconde voiture. Le tunnel et les voitures sont éclairés à la lumière électrique.

Les devis indiquent une dépense de 2269 fr. par mètre courant du tunnel, plus 200000 fr. par station, ce qui donne un total de 54 millions. Les tarifs seraient les mêmes que ceux de la Compagnie des Omnibus.

4° *Le courant est amené par un conducteur souterrain placé dans un tuyau; le retour se fait par les rails.*

Le défaut de ce procédé, c'est l'orifice qui laisse passer le collecteur de la voiture, et par lequel l'eau et la boue s'introduisent nécessairement dans le tuyau, ce qui peut nuire à l'isolement et au bon contact du collecteur. Un certain nombre d'inventenrs ont cherché à fermer cet orifice plus ou moins complètement.

Ce système, présenté à l'Exposition des inventions, à Londres, en 1886, par M. Holroyd Smith, a été appliqué par lui sur la ligne de Blackpool, dont la longueur totale est 3 200 mètres. L'usine, placée vers le milieu de la ligne, possède deux machines à vapeur de 25 chevaux chacune, actionnant 4 dynamos Elwell-Parker montées en dérivation et donnant un courant de 220 volts. Le conducteur est formé de deux tubes de cuivre elliptiques, portés par des tenons en fer fixés à des isolateurs en porcelaine, qui sont portés eux-mêmes par des blocs de bois créosoté. L'intervalle des deux tubes de cuivre forme une rainure par laquelle la boue et l'eau peuvent tomber au fond du conduit. Dans cette rainure passe le collecteur, relié à la voiture par des courroies qui cassent facilement, en cas d'obstruction du conducteur, sans que le reste du véhicule soit endommagé. L'isolement du conducteur laisse à désirer. M. Smith estime à 7,2 chevaux les pertes provenant de ce chef. D'après lui, les dépenses d'exploitation ne dépassent pas 25 centimes par kilomètre et par voiture.

Les systèmes de MM. Frank Wynne, Irish, Allsop, Bentley, Knight et Short-Nesmith rentrent dans la même catégorie. Les trois derniers sont appliqués aux États-Unis.

din appuyaient contre le tube. L'un de ces ducteurs amenait le courant à la réceptrice, ıtre servait pour le retour. La vitesse était lée par un rhéostat.

‿e système du conducteur aérien a été appliqué tramway de Mœdling, près de Vienne, en 1883. ısine, située à Mœdling, a 6 dynamos com- und Siemens, donnant 500 volts aux bornes, 390 à l'extrémité opposée de la ligne, qui a



Fig. 1036. — Tramway électrique de Lichte

lesquelles se trouvent des ressorts pour les ap- puyer contre les parois. Les pistons doivent être ngés tous les deux mois. En hiver, une lynamo suffit à l'exploitation; mais les six fonc- ionnent en été. La dépense moyenne est de 1 centimes par kilomètre-voiture.

La ligne de Francfort-sur-le-Mein à Offenbach, tablie en avril 1884, offre la même disposition. e chariot porte deux pistons pleins en fer, sans essorts intérieurs, qu'il faut renouveler tous les ois. La ligne a 6 560 mètres; elle est à double

44
sir
so
où
so
ri
ri
ac
bi

boudin appuyaient contre le tube. L'un de ces conducteurs amenait le courant à la réceptrice, l'autre servait pour le retour. La vitesse était réglée par un rhéostat.

Le système du conducteur aérien a été appliqué au tramway de Mœdling, près de Vienne, en 1883. L'usine, située à Mœdling, a 6 dynamos compound Siemens, donnant 500 volts aux bornes, et 390 à l'extrémité opposée de la ligne, qui a 4480 mètres de longueur. Le parcours est très sinueux. Les poteaux ont 5,40 m. de hauteur, et sont espacés de 27 mètres, sauf dans les courbes, où ils sont plus rapprochés. Les conducteurs sont encore des tubes fendus, bien polis à l'intérieur, et maintenus par des haubans. Le chariot de contact est formé d'une pièce flexible en acier, sur laquelle sont montés trois pistons en bronze, formés de deux moitiés séparées, entre

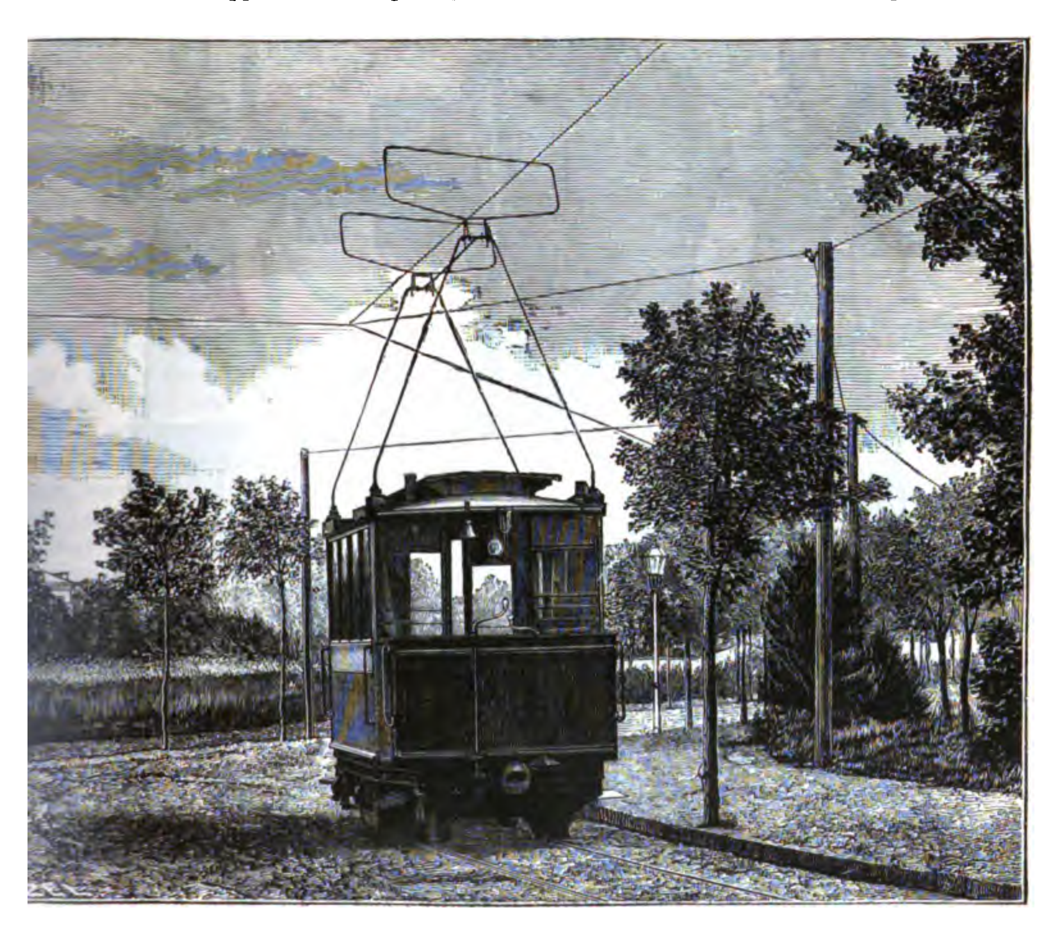


Fig. 1036. — Tramway électrique de Lichterfelde, système Siemens (nouveau type).

uelles se trouvent des ressorts pour les ap- :r contre les parois. Les pistons doivent être gés tous les deux mois. En hiver, une mo suffit à l'exploitation ; mais les six fonc- ıent en été. La dépense moyenne est de ntimes par kilomètre-voiture.

ligne de Francfort-sur-le-Mein à Offenbach, ie en avril 1884, offre la même disposition. ariot porte deux pistons pleins en fer, sans rts intérieurs, qu'il faut renouveler tous les La ligne a 6560 mètres ; elle est à double voie. Il y a des départs toutes les vingt minutes, Le matériel comprend quatorze voitures, dont dix avec moteur électrique, pouvant toutes recevoir vingt-quatre personnes. Les premières pèsent, à vide, 2500 kilogrammes, les autres 4000 kilogrammes. L'usine est au milieu de la ligne, au village d'Oberrad ; elle possède deux machines à vapeur horizontales de 120 chevaux, actionnant quatre dynamos Siemens, qui donnent un courant de 300 volts. En 1886, ce tramway a transporté neuf cent quatre-vingt-

dix mille trois cent vingt-huit voyageurs. La dépense est de 24 centimes par kilomètre-voiture.

Le même système a été appliqué encore par la maison Siemens au prolongement de la ligne de Lichterfelde, qui a été étendue en 1890 de 1,5 kilomètre. Le conducteur (fig. 1036) est soutenu par des fils transversaux fixés à des isolateurs de porcelaine, que portent des poteaux de bois disposés de chaque côté de la route. Les voitures sont munies de deux cadres rectangulaires qui glissent sur le conducteur pour prendre le courant.

Aux États-Unis, les conducteurs aériens sont employés par M. Van Depoële et par MM. Thomson et Houston. Ce dernier système figurait à

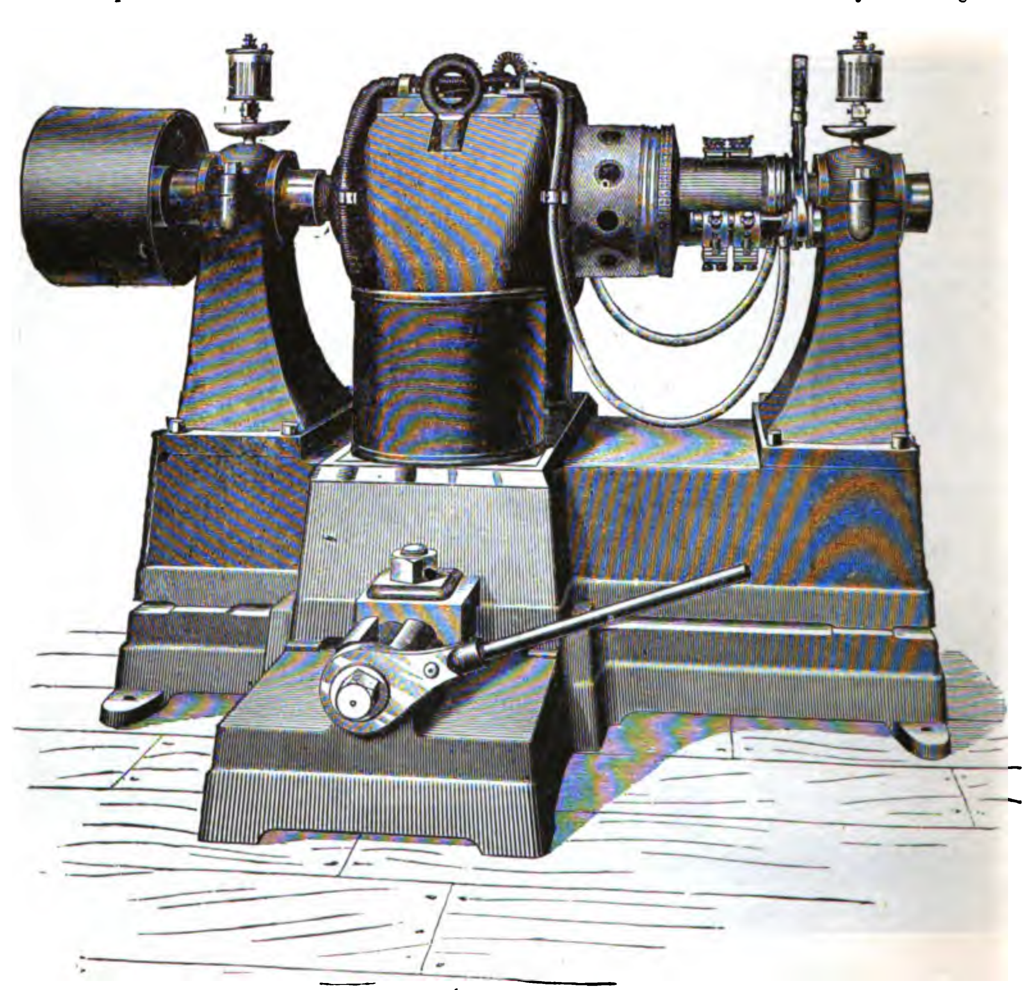


Fig. 1037. — Dynamo Thomson-Houston pour la traction des tramways.

l'Exposition de 1889, section des chemins de fer (classe 61). La « Thomson-Houston-Electric-Company » s'est bornée d'abord à exploiter le système Van Depoële, puis elle l'a modifié peu à peu.

Les dynamos employées aux stations sont construites pour donner une différence de potentiel constante (fig. 1037). Les inducteurs sont à enroulement compound : le fil en dérivation est enroulé à la manière ordinaire, mais l'enroulement en série est constitué par une bobine séparée, de forme particulière, qui entoure comme un cadre les extrémités des seules pièces polaires, et enferme l'armature. Dans les conditions normales, les inducteurs n'absorbent pas plus de 1 p. 100 de l'énergie totale. La même disposition est appliquée aux dynamos pour l'incandescence (fig. 576). Les pièces polaires entourent complètement l'armature, dont la section est presque carrée. Des coupe-

'orts ressorts et monté à charnières d'un côté, :e qui amortit beaucoup les chocs. L'arbre du noteur tourne complètement noyé dans l'huile,

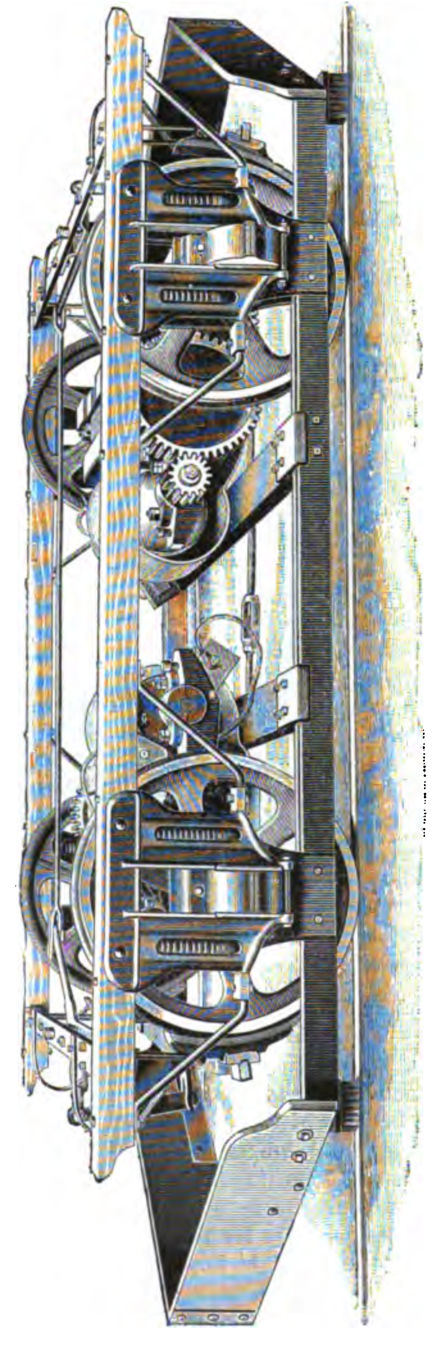


Fig. 1038. — Truc des tramways Thomson-Houston.

pour éviter l'échauffement et le grippage; ses coussinets sont graissés automatiquement et protégés contre la poussière par une enveloppe. Le mouvement de l'arbre du moteur est trans-

mis à l'essieu par un mécanisme qui le réduit dans la proportion de 13 à 1. Ce mécanisme comprend trois roues dentées, une sur l'arbre du moteur, une sur l'essieu et une intermédiaire. Afin d'éviter le bruit et d'adoucir le fonctionnement, la première roue est formée de plaques d'acier alternant avec des plaques de cuir non tanné. La roue intermédiaire, en fonte, est calée sur un arbre dont les coussinets sont fixés aux flasques du bâti du moteur, afin d'assurer le parallélisme des axes des roues dentées. Le bâti qui porte l'arbre du moteur, les engrenages et les coussinets des arbres des roues dentées, est fondu d'une seule pièce.

En partant de la poulie de contact, le courant traverse un coupe-circuit fusible, un parafoudre E. Thomson (voy. PARATONNERRE), qui sert à protéger le moteur, un interrupteur permettant de mettre rapidement la voiture hors de circuit en cas d'accident, un inverseur de courant pour le changement de marche, les armatures des moteurs, un rhéostat destiné à régler la vitesse, les inducteurs, puis il va à la terre par les essieux, les roues et les rails.



Fig. 1039. — Tramway électrique Thomson-Houston à Washington.

Le système Thomson-Houston a reçu de nombreuses applications en Amérique. Nous citerons la ligne d'Eckington et des Casernes, à Washington (17 octobre 1888); celle de « Cambridge Division of West End Street, » à Boston (16 février 1889), longue de 6 milles; celle de « Omaha and Council Bluffs » (29 octobre 1888), qui a une longueur de 5 milles, et traverse le pont et les quartiers les plus fréquentés de la cité; celle de Lynn et Boston, qui n'a qu'une longueur de 1 mille, mais qui passe par une courbe d'un faible rayon, et gravit une rampe escarpée; celles de « Des Moines Broad Gauge, Iowa » (20 décembre 1888), longue de 7 milles et demi; de « Third Ward Street, Syracuse, N. Y. » (29 novembre 1888); de « Riverside and Suburban Railway, à Wichita, Kan., » le chemin de fer suburbain de Scranton, Pa., etc. La figure 1039 montre le tramway d'Eckington aux Casernes, à Washington. La ligne traverse le milieu d'une large avenue; le mode de suspension employé est celui à double support. On voit, au-dessus de la voiture, le bras qui porte la poulie de contact.

Nous signalerons enfin le tramway électrique récemment inauguré (1890) entre Clermont-Ferrand et Royat. Cette ligne, longue de 7 kilomètres, dessert sept stations. L'usine est à Montferrand, à l'une des extrémités. Elle renferme une machine à vapeur Farcot, de 150 chevaux, alimentant une dynamo Thury à six pôles, qui donne, à la vitesse de 375 tours par

vue, puisqu'elle permet de supprimer toute espèce de conducteurs, souterrains ou aériens, et rend les voitures complètement indépendantes; les lignes déjà existantes peuvent servir alors à la traction électrique sans aucune modification. Mais, dans la pratique, ce système comporte plus d'un inconvénient. Les accumulateurs augmentent dans une grande proportion le poids mort des voitures, et par suite limitent la longueur du parcours. De plus on est obligé de rester assez près de l'usine pour ne pas épuiser complètement la provision d'électricité emmagasinée.

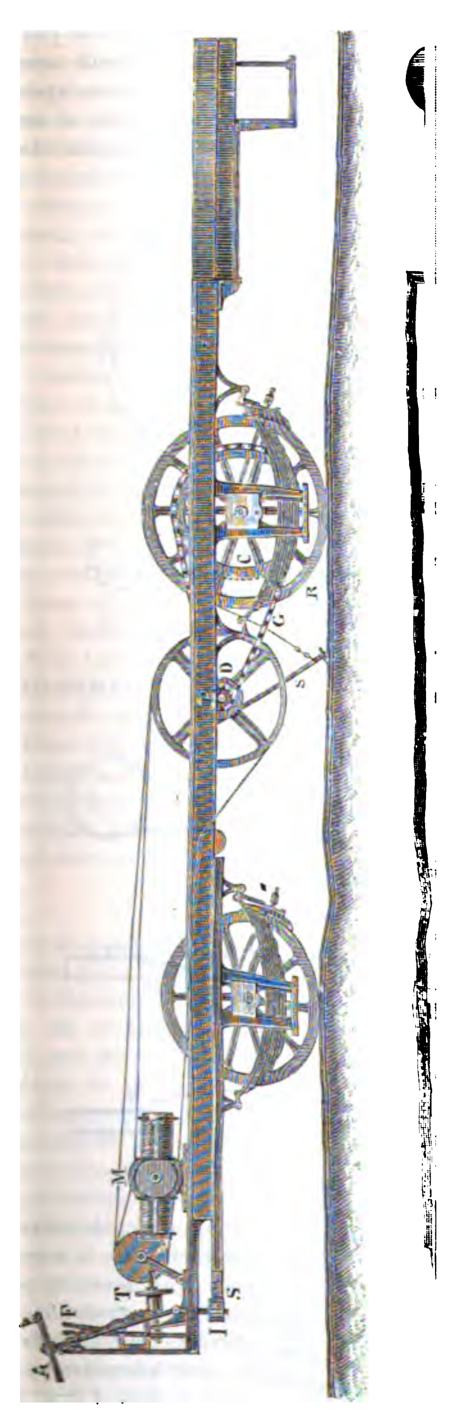
Le chargement des accumulateurs est très long et nécessite par conséquent un matériel roulant beaucoup plus nombreux qu'avec les autres systèmes. Remarquons enfin qu'on ne possède pas encore des données suffisantes pour évaluer les frais occasionnés par le renouvellement des accumulateurs, qui doivent s'user assez vite, par suite du transport et par les réparations de toutes sortes.

Les premiers essais eurent lieu à Paris, à Londres et à Bruxelles en 1883 et 1884 avec d'anciennes voitures aménagées à cet effet. La « French Electrical Power Storage C° » reprit ces tentatives à Paris en 1884, sur un tramway de la Compagnie des omnibus. 80 accumulateurs Faure, pesant 2400 kilogrammes et donnant 160 volts, actionnaient une dynamo Siemens, type D^2, qui fournissait 160 volts et 40 ampères. Cette machine était fixée au châssis de la voiture par des étriers boulonnés; son axe portait une poulie agissant sur un mouvement différentiel, pour compenser la différence de vitesse des roues d'un même essieu dans les courbes. On changeait la vitesse en faisant varier le nombre des accumulateurs en circuit. Pour changer le sens de la marche, on interrompait le circuit, on tournait les balais de la machine de 180° à l'aide d'un levier, puis on rétablissait le courant. La vitesse moyenne était de 10 kilomètres à l'heure.

En 1885, des essais analogues eurent lieu à Bruxelles sur la ligne de la rue de la Loi. 96 accumulateurs, placés sous les banquettes, actionnaient une dynamo Siemens type D^2 à courant continu; ils étaient divisés en 4 séries de 24, qu'on pouvait placer en tension. La même voiture fonctionna ensuite à l'Exposition d'Anvers. D'après M. Blanchart, le prix de la traction électrique, sur la ligne de Bruxelles, s'élevait à 0 fr. 169 par kilomètre, somme inférieure au prix de la traction par chevaux.

M. Reckenzaun a essayé à Berlin, en décem-

nt-train, articulé sur une cheville ou- | à n
) (fig. 1042) est commandé par une roue | ave



levier F servent à serrer les freins. La
orme d'avant porte encore divers organes
ires. La vitesse normale est de 11 kilo-

à main A, solidaire d'un pignon I, qui engrène avec un secteur denté S. Une seconde manette V

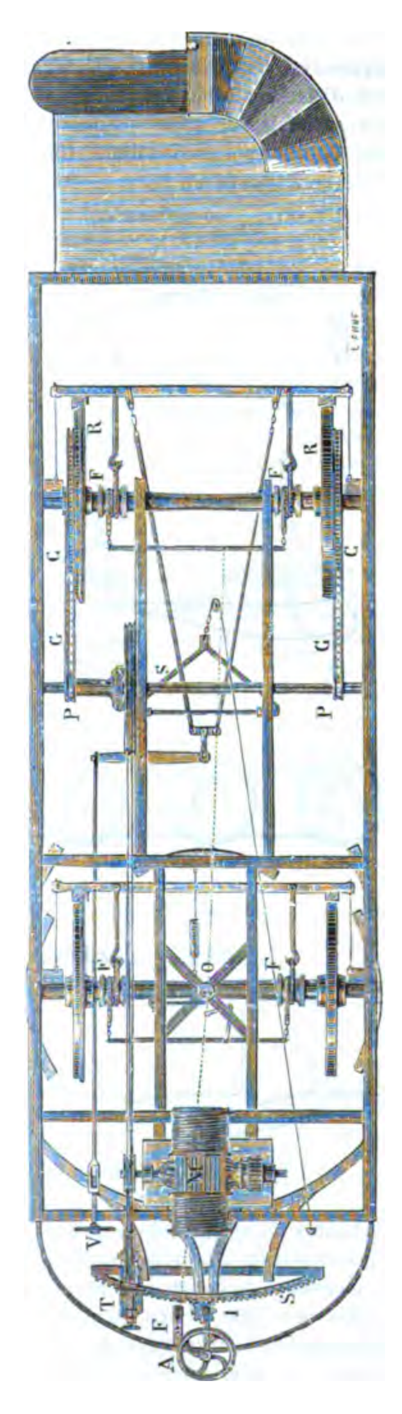


Fig. 1040. — Mécanisme des tramways Philippart.

mètres à l'heure, et exige, dit-on, une puissance de 4,5 chevaux (200 volts et 16 ampères) en palier, 8 chevaux (200 v. et 29 a.) sur rampe de

1 p. 100, et 11,5 chevaux (200 v. et 42 a.) sur rampe de 2 p. 100. Chaque voiture entière pèse 3500 kilogrammes et transporte 50 voyageurs.

Enfin des tramways électriques à accumulateurs viennent d'être installés à Londres, à la suite d'essais satisfaisants effectués par la London Electric Company sur la ligne Clapham-Blackfriars-Bridge. La voiture pèse environ 6500 kilogrammes et est actionnée par 78 accumulateurs placés sous les sièges. La distance de 10 kilomètres a été parcourue en une heure; mais on peut obtenir une vitesse de 18 kilomètres. Grâce à un levier spécial, la voiture peut être mise en marche et arrêtée sans la moindre secousse. Les accumulateurs peu-

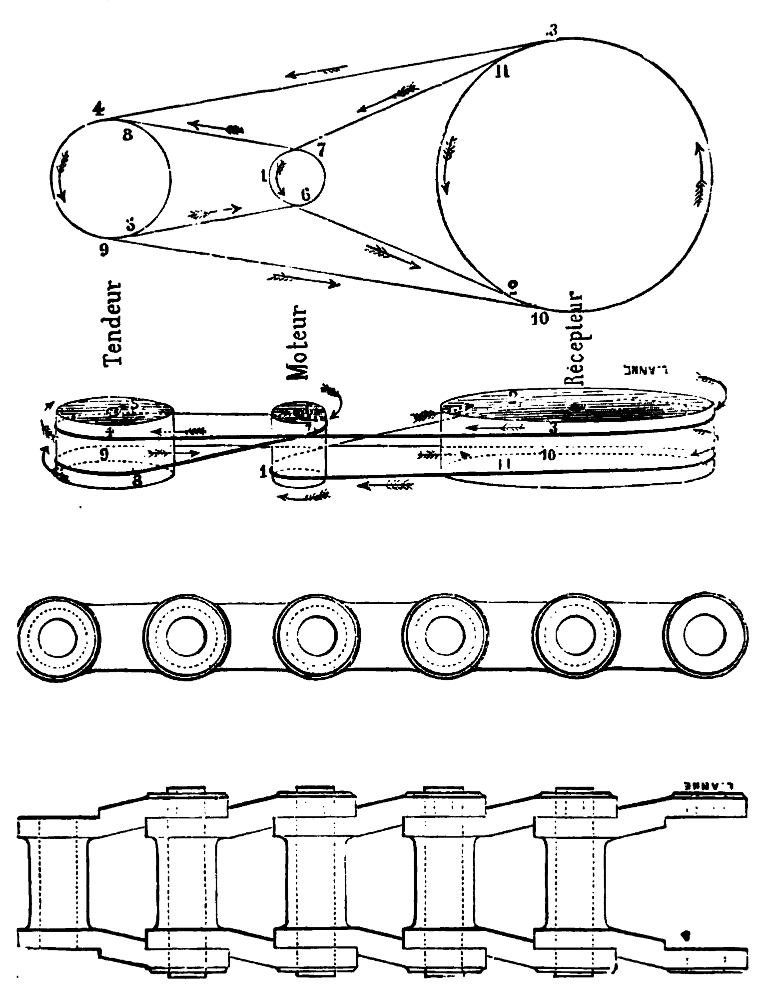


Fig. 1041. — Tramways Philippart. Détails de la transmission.

vent s'adapter à toutes les voitures de tramways actuellement en circulation à Londres, de sorte qu'il n'est pas nécessaire de construire de nouvelles voitures. En présence de ces excellents résultats, la Compagnie des tramways de Londres, qui emploie journellement plus de 5000 chevaux, a l'intention d'introduire des voitures électriques sur tout son réseau, ce qui lui permettra de réaliser une économie annuelle de 600 à 700000 francs.

Une seconde ligne a été créée à Barking, il y a environ dix-huit mois. Elle a une longueur d'environ 1,5 kilom. et est desservie par six voitures à accumulateurs entretenues à forfait par la *General Electric Power and Traction C°.* moyennant 0,25 fr. par kilomètre-voiture.

Une troisième ligne vient d'être installée à Birmingham par la *Birmingham Central Tramway C°*. Elle a 5 kilomètres de longueur et emploie des accumulateurs EPS, au nombre de

96 par voiture. Il y a douze voitures, pouvant porter chacune cinquante personnes. Un commutateur permet de relier les éléments en tension ou en quantité. Chaque voiture porte un moteur Elwell Parker enroulé en série, faisant 140 tours à la vitesse normale, et pouvant atteindre 700 tours.

Chaque voiture est éclairée le soir par deux lampes à incandescence de 16 bougies. L'usine pour la charge des accumulateurs, située à Bournbrook, contient deux dynamos Parker à courant continu, faisant 540 tours et donnant 500 ampères sous 120 volts. Ces machines sont alimentées par deux moteurs de 100 chevaux sans condensation ; elles servent en outre à éclairer l'usine et à actionner les machines-outils. Pour charger une batterie d'accumulateurs, il faut un courant de 35 ampères pendant 10 heures environ.

En résumé, les systèmes de tramways électriques actuellement en usage sont fort nombreux, mais il faut que les essais persistent encore un certain temps pour qu'on puisse apprécier leurs avantages respectifs et leur prix de revient. Cependant ce prix paraît inférieur à celui de la traction par chevaux.

TRANSFORMATEUR. — Appareil destiné à transformer les deux facteurs de l'énergie électrique. Étant donné un courant primaire d'un certain nombre de volts et d'ampères E et I, on peut le transformer en un courant secondaire correspondant à d'autres nombres E' et I'. Théoriquement on doit avoir

$$EI = E'I'.$$

lais, dans la pratique, comme il y a toujours ne certaine perte d'énergie, le produit E'I' est oujours inférieur à E I. Le but des transformateurs est de modifier les deux facteurs de ce roduit d'une façon avantageuse.

La bobine de Ruhmkorff est le plus ancien es transformateurs : elle transforme un courant primaire de grande intensité et de faible rce électromotrice en un courant secondaire e force électromotrice élevée et n'ayant qu'une ible intensité.

Inversement les transformateurs employés ns l'industrie ont pour but de diminuer la rce électromotrice et d'augmenter l'intensité, n de diminuer les frais d'établissement de la ne. L'exemple suivant, emprunté à M. H. Fonne, fera bien comprendre leur utilité. Supposons qu'on veuille alimenter dans un circuit) lampes exigeant chacune 1 ampère et) volts, la dynamo étant placée à 500 mètres des lampes. En plaçant les lampes sur le circuit primaire, le parcours de 1000 mètres donnera par exemple une perte de 10 volts. La résistance du conducteur sera 0,02 ohm, sa section 833 millimètres carrés, son poids 75 tonnes et son prix environ 200000 francs. En employant des transformateurs, on peut amener la même puissance électrique au centre du groupe avec un courant de 50 ampères sous 1000 volts, que l'on transforme ensuite en un courant secondaire de 500 ampères sous 100 volts. Si l'on admet la même perte que dans le premier cas, le conducteur donnera une chute de potentiel de 100 volts ; sa résistance sera 2 ohms, sa section 8,33 millimètres carrés, son poids 750 kilogrammes et son prix environ 2250 francs. Nous avons négligé la perte due au transformateur, notre exemple ayant seulement pour but de faire comprendre l'utilité de ces appareils. En employant plusieurs transformateurs, le même circuit pourra alimenter des récepteurs exigeant un nombre différent de volts et d'ampères.

Les transformateurs peuvent se diviser en deux classes : les uns donnent en effet un courant continu, qui peut être utilisé non seulement pour l'éclairage, mais pour l'électrolyse et pour toutes les applications ; ils ont l'inconvénient d'exiger l'emploi de pièces mobiles, telles que collecteur, balais, etc. Les autres sont, comme la bobine de Ruhmkorff, entièrement composés de pièces fixes, mais ils donnent des courants alternatifs.

Transformateurs à courant continu.

Transformateur Gramme. — M. Gramme a imaginé en 1874 un transformateur composé d'un anneau portant deux séries de bobines, l'une à gros fil, l'autre à fil fin, et tournant devant les pôles d'un aimant ou d'un électro-aimant. En faisant passer un courant dans l'une des séries de bobines, on produisait dans l'autre un courant secondaire, et l'on modifiait à volonté les deux facteurs de l'énergie. M. Gramme s'est également servi de deux bobines, l'une à fil fin, l'autre à gros fil, montées sur le même arbre.

Robinet électrique de Cabanellas. — Sous le nom de *robinet électrique*, M. Cabanellas a proposé, en 1880, le système suivant. Supposons deux anneaux A et B, par exemple du système Gramme, concentriques et portant des fils de diamètre différent. Les balais de l'anneau intérieur A sont reliés à la distribution générale, ceux de B au circuit secondaire. Les deux anneaux restant complètement immobiles, on fait



tourner, par un procédé quelconque, les deux paires de balais à la même vitesse. Par suite de cette rotation, les pôles tournent dans l'anneau inducteur A, et des courants induits, se produisant dans l'anneau B, traversent le circuit secondaire. Suivant le mode d'enroulement de l'anneau B, on pourra recueillir un courant continu ou des courants alternatifs. Il n'est pas nécessaire d'employer des anneaux Gramme : la disposition et la forme peuvent être quelconques. L'énergie nécessaire pour faire tourner les balais sera empruntée à une dérivation du courant inducteur; cette dépense sera faible, les anneaux restant immobiles.

Transformateur Paris et Scott. — Cet appareil est désigné en Angleterre, ainsi que les deux suivants, sous le nom de *moteur générateur.* Les deux fils, primaire et secondaire, sont enroulés sur un même anneau, qui tourne devant les électro-aimants, excités par une dérivation du circuit secondaire. Cependant, pour produire le démarrage, ces électros portent en outre quel-

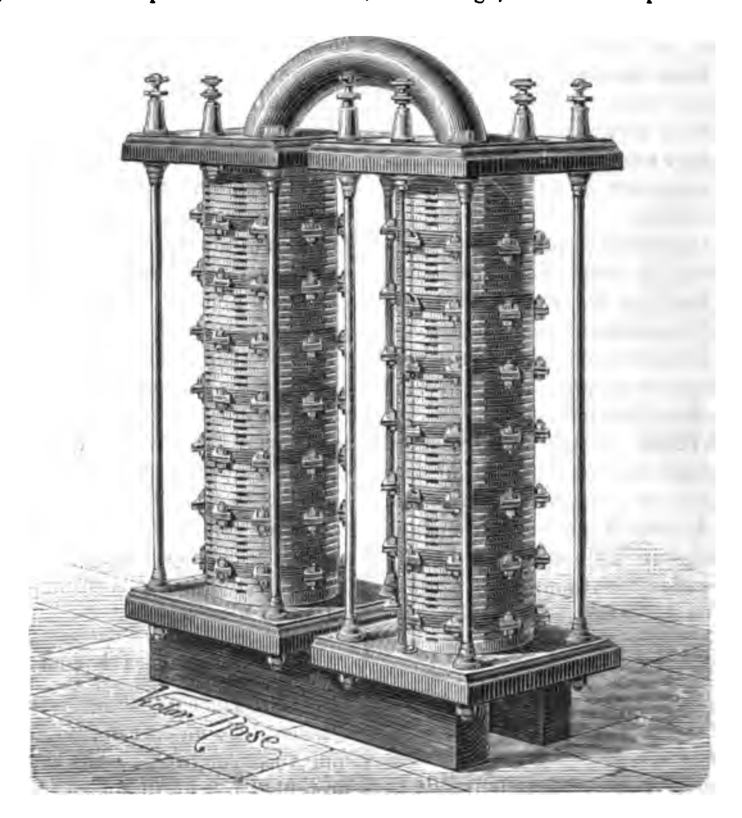


Fig. 1042. — Transformateur Gaulard et Gibbs.

ques tours du fil inducteur. Le nombre des tours du circuit primaire est quatre fois plus grand que celui du circuit secondaire, mais la section du premier fil est trois fois plus faible que celle du second. Des expériences faites à Newcastle en 1887 ont montré que le rendement commercial était de 86 p. 100.

Transformateur Jehl et Rupp. — Les deux circuits sont fixes, et les balais tournent seuls, comme dans le système Cabanellas. Le fil primaire est enroulé sur un anneau, le fil secondaire sur un tambour Siemens, qui remplit complètement le vide de l'anneau.

Transformateurs Edison. — M. Edison a imaginé plusieurs modèles de transformateurs à courant continu, et formés, soit d'anneaux Gramme à double enroulement, soit de bobines primaires et secondaires enroulées par paires sur des anneaux de fer doux. Dans ce cas, les balais primaires tournent autour des collecteurs, et le courant primaire change de sens deux fois par tour dans chaque bobine. Les balais secondaires sont fixes.

Transformateurs à courants alternatifs.

Transformateurs Jablochkoff et Bright. —

M. Jablochkoff a imaginé en 1876 le premier transformateur à courants alternatifs. Sir Charles Bright fit breveter en Angleterre en 1878 un appareil analogue.

Transformateur Gaulard et Gibbs. — Cet appareil, désigné improprement par les inventeurs sous le nom de ***générateur secondaire***, a réalisé la première forme pratique des transformateurs à courants alternatifs, et a été le premier appliqué dans l'industrie.

Les bobines primaire et secondaire sont constituées par des disques en cuivre de 9 centimètres de diamètre et 0,25 millimètre d'épaisseur. Toutes ces rondelles sont percées d'un trou central de 2 centimètres de diamètre; elles sont superposées et isolées par un vernis à la gomme laque et des feuilles de papier parcheminé. De plus elles sont fendues suivant un rayon et portent, de chaque côté de la fente, deux appendices qui servent à les réunir en tension de deux en deux. L'un des groupes ainsi constitués appartient au circuit primaire, l'autre au circuit secondaire. L'appareil comprend un certain nombre de colonnes ainsi formées. Le vide ménagé au centre de chacune d'elles reçoit un tube isolant qui les maintient, et dans lequel se place un noyau de fils de fer doux, qu'on enfonce plus ou moins, à l'aide d'une vis

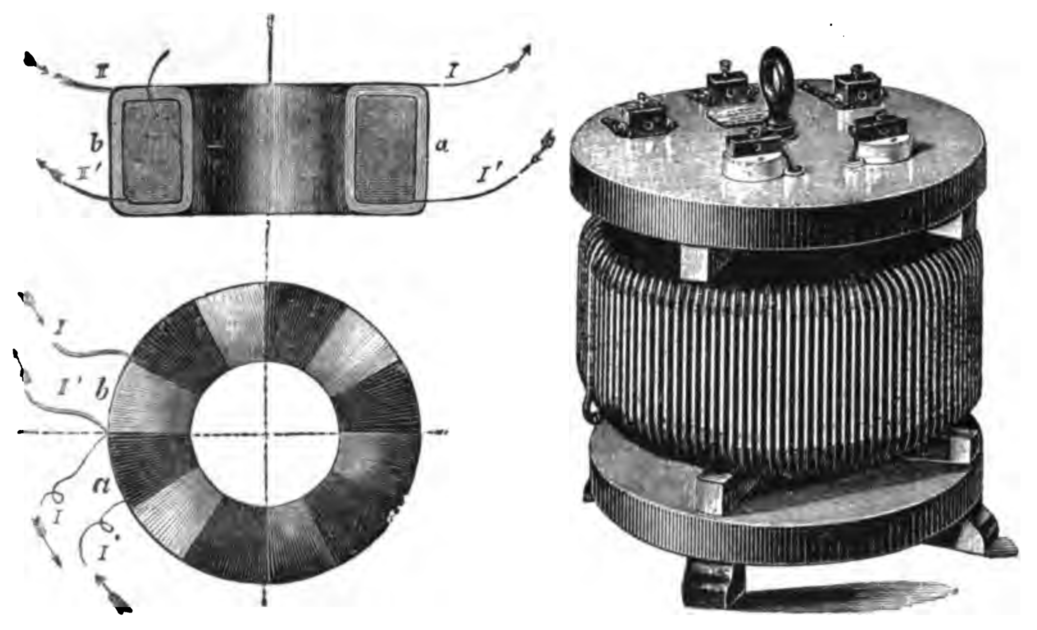


Fig. 1043. — Transformateur Zipernowsky à noyau intérieur. Fig. 1044. — Transformateur Zipernowski avec bâti en bois. (Ganz et Cie, Budapest.)

atérale, suivant les effets qu'on veut obtenir. Dans les modèles les plus récents (fig. 1042), les ıoyaux de deux colonnes voisines sont réunis ıux deux extrémités, de façon à former un circuit nagnétique fermé, et à rendre maximum l'inluction produite par ce noyau. Les différentes olonnes primaires sont toutes réunies en séie; les colonnes secondaires peuvent être roupées en tension ou en quantité, suivant les ffets qu'on se propose. Le courant primaire st fourni par une dynamo à courants alternaifs. Les piles de disques, qui ont d'ordinaire 0 centimètres de hauteur, sont placées sur un ocle de bois et recouvertes d'une tablette de ois, soutenue par quatre colonnes de même ıbstance. A la partie supérieure se trouvent les bornes des deux circuits et un interrupteur qui permet de faire passer le courant primaire ou de mettre l'appareil hors circuit. Un commutateur à fiches, disposé latéralement sur une planchette en ébonite, sert à grouper les différentes hélices secondaires.

Dans des expériences effectuées en 1885, à l'exposition de Turin, M. Galileo Ferraris a trouvé que le rendement, c'est-à-dire le rapport $\frac{E'I'}{EI}$, est égal à 92 p. 100; M. Hopkinson a trouvé 89 p. 100.

Transformateur Zipernowsky, Déri et Blathy. — Ce transformateur présente une forme analogue à celle de l'anneau Gramme. Sur un noyau, composé de fils de fer doux circulaires, s'en-

roulent parallèlement le fil inducteur et le fil induit (fig. 1043). Il y a cependant cette différence que, dans le transformateur, le courant circule simultanément dans le même sens autour du noyau dans les deux enroulements, de sorte qu'il ne s'y produit pas de pôle magnétique libre, tandis que l'anneau de Gramme en possède deux ou plus.

Le noyau peut dans ce cas être formé soit de fils, soit de bandes de fer minces et plates, enroulées de champ ou à plat. On peut employer également des bandes assez larges pour qu'un seul élément suffise à la construction du noyau ou des plaques annulaires découpées et superposées ; on évite la production des courants de Foucault en pratiquant dans cette bande des entailles longitudinales. Dans les noyaux plus grands, on facilite la construction en formant chaque plaque de deux ou plusieurs parties, mais on les place de façon que les joints ne se trouvent pas exactement superposés.

Les fils, bandes ou plaques qui composent le noyau sont isolés les uns des autres, suivant les cas, par un guipage ou par du papier, de la laque ou un tissu.

Dans ce modèle, le noyau est entièrement ou presque entièrement recouvert de fil de cuivre.

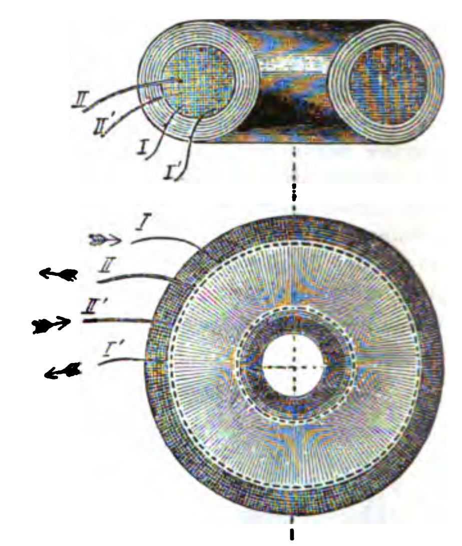
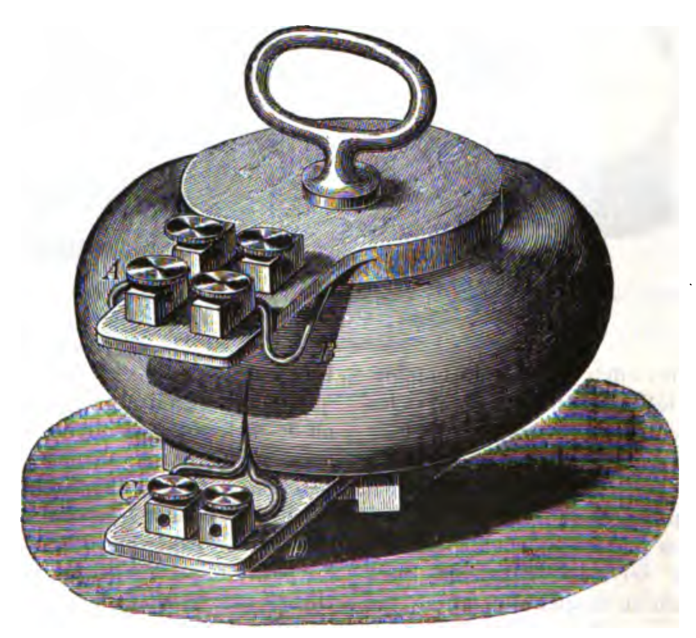


Fig. 1045. — Transformateur Zipernowsky à noyau extérieur. (Ganz et Cie, Budapest.)

Les enroulements primaire et secondaire sont disposés soit en couches séparées, soit en bobines qui alternent et qui ont la forme de secteurs, ainsi que le montre la figure 1043. La figure 1044 montre un transformateur du premier système, dans lequel le noyau de fer est entouré d'abord par le circuit primaire, puis par le circuit secondaire et enfin introduit dans un bâti en bois. Le plus souvent on préfère employer un bâti en fer de même forme.


Fig. 1046. — Aspect extérieur du transformateur Zipernowsky. (Ganz et Cie, Budapest.)

L'appareil d'induction est alors monté sur



Fig. 1047. — Colonne en fonte pour transformateur Zipernowsky. (Ganz et Cie, Budapest.)

.e forts crochets en bois bien vernis et le tout 'st posé entre deux disques de fer circulaires, de telle façon que le noyau ni les deux enroulements ne puissent toucher en aucun point les parties métalliques du support.

Sur l'un des disques de fer du support se trouvent scellés trois pieds servant à soutenir l'appareil; l'autre disque porte les deux bornes primaires et trois bornes secondaires. La borne secondaire médiane sert à obtenir une dérivation de tension moitié moindre, pour intercaler des lampes à arc.

Ces lampes en effet n'exigent que 50 volts, et les transformateurs donnent une différence de potentiel d'environ 100 volts. On peut rendre ainsi tous les régulateurs complètement indépendants, et l'on évite l'inconvénient de les associer par deux en série, ce qui oblige à en employer toujours un nombre pair et à les allumer ou à les éteindre par deux.

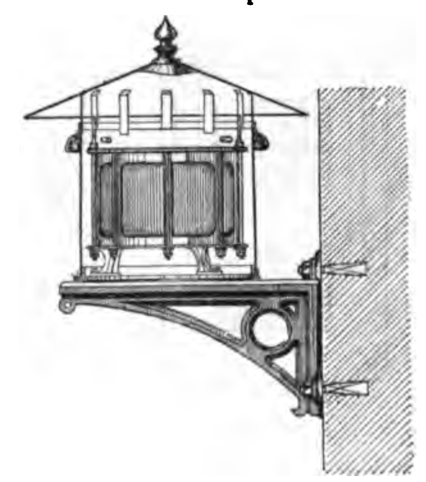


Fig. 1048. — Console pour transformateur Zipernowsky. (Ganz et Cie, Budapest.)

Le diamètre des deux disques de fer est assez grand pour que le transformateur puisse rouler par terre sans être endommagé. Deux poignées en fer rendent le transport facile.

Dans un autre modèle, les deux circuits sont au contraire enroulés en un cercle, qui est d'abord entouré d'une enveloppe isolante, puis bobiné avec du fil de fer fin et isolé (fig. 1045). L'appareil présente alors la forme d'un anneau, et les extrémités des deux circuits sortent par une fente ménagée dans l'enveloppe de fer.

Au lieu de fil isolé, l'enveloppe magnétique peut être formée de plaques de fer disposées perpendiculairement aux fils de cuivre, de façon à empêcher les courants de Foucault, tout en laissant un libre développement aux lignes de force magnétiques. La fig. 1046 montre l'aspect extérieur de ce modèle. Cette disposi-

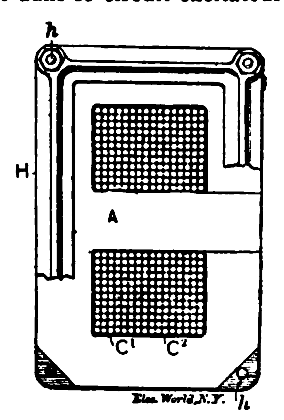
tion se construit aussi en forme de caisses en constituant le noyau par des plaques de fer perforées, en forme de E, séparées par des feuilles isolantes.

Le transformateur Zipernowsky ne diffère pas seulement du précédent par la construction et la forme extérieure : le point le plus important du système consiste dans la liaison de l'appareil avec la dynamo génératrice. Le transformateur est monté en dérivation entre les deux bornes de la machine ou entre deux points du circuit principal, et l'on rend constante la différence de potentiel aux bornes, soit en introduisant des résistances dans le circuit excitateur, soit en compoundant cette machine à l'aide d'un petit transformateur nommé *compensateur*, qui reçoit le courant principal et envoie son courant secondaire dans le circuit excitateur de la machine.

L'installation de ces transformateurs se fait de différentes manières, suivant les cas, mais toujours de façon à les rendre inaccessibles à toute personne étrangère au service.

Pour les lignes aériennes, ils sont enfermés dans des boîtes et placés soit au sommet de colonnes en fonte semblables aux candélabres à gaz (fig. 1047), soit sur des consoles fixées contre les murs extérieurs des maisons (fig. 1048), soit enfin dans des placards fermés qu'on dispose à l'intérieur des maisons, généralement dans les greniers.

Pour les lignes souterraines, on peut les enfermer dans des caisses appropriées, placées dans le sol, auprès des colonnes qui supportent les lampes, ou bien dans la cave des maisons à éclairer. Dans le premier cas, la colonne peut former un tuyau creux, servant à la ventilation du transformateur. L'eau d'infiltration est déversée dans un canal creusé à cet effet et ne peut pas pénétrer jusqu'à l'appareil.



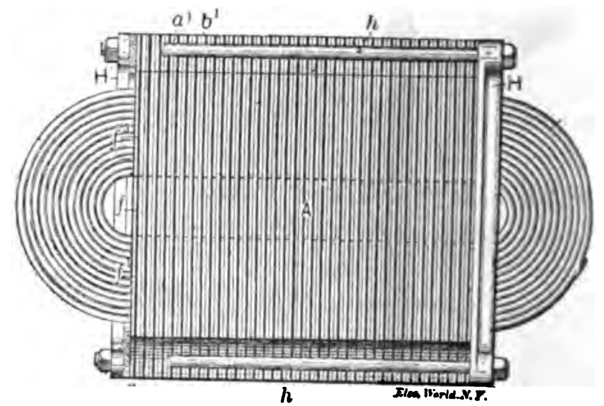


Fig. 1049. — Transformateur Westinghouse.

M. Ferraris a trouvé que le rendement des transformateurs Zipernowsky est un peu supérieur à celui des transformateurs Gaulard.

Transformateur Westinghouse. — Dans les transformateurs de la « Westinghouse electric C° », combinés par MM. Schmidt et Stanley, les bobines primaire et secondaire sont placées côte à côte et entourées par une enveloppe de fer doux qui sert à concentrer les lignes de force (fig. 1049). Cette carcasse est constituée par une série de plaques de tôle très minces, isolées les unes des autres par des feuilles de papier verni. Ces plaques, découpées à l'emporte-pièce, sont ensuite fendues pour qu'on puisse les mettre en place; puis on les maintient à l'aide de deux plate-formes en fonte H, disposées aux extrémités du transformateur et retenues par quatre boulons *h*. L'appareil est renfermé dans une boîte en fonte bien close, et les bornes des deux circuits se trouvent dans deux chambres séparées qui contiennent aussi les coupe-circuits et les manchons de connexion.

Transformateur Ferranti. — Cet appareil est disposé en vue de rendre la construction et les réparations aussi faciles que possibles. Le circuit primaire est constitué par une série de bobines rectangulaires disposées parallèlement et formant une sorte de cylindre creux, dans lequel viennent se loger les bobines induites à fil fin. On voit sur la coupe la disposition et les extrémités de ces enroulements (fig. 1050). Dans l'espace qui reste au centre des doubles bobines, on introduit plusieurs séries de lames de tôle qu'on recourbe moitié par dessus, moitié par dessous l'enroulement, de façon que leurs extrémités se touchent : on constitue ainsi un circuit magnétique fermé qui entoure les bobines. Le tout est maintenu par une sorte de châssis en fonte

composé de deux parties formant l'une le socle, l'autre le couvercle de l'appareil. En cas d'accident, il suffit de quelques minutes pour démonter le transformateur, retirer les bandes de tôle et remplacer la bobine défectueuse. Le modèle courant fonctionne avec une force électromotrice de 2400 volts et fournit 100 volts aux bornes du circuit secondaire.

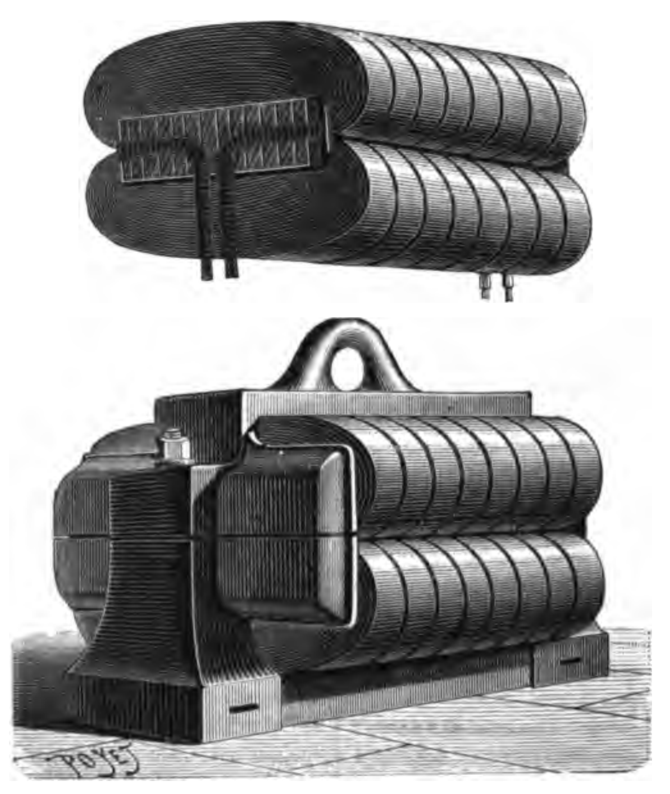


Fig. 1050. — Vue d'ensemble et détails du transformateur Ferranti.

Transformateur Swinburne. — Dans cet appareil, qui figurait à l'Exposition d'Edimbourg, l'auteur a cherché à rendre le circuit magnétique aussi léger que possible. La carcasse est formée de deux lames de bronze rectangulaires fondues d'une seule pièce et portant des oreilles que traversent quatre tiges métalliques, qui maintiennent à l'aide de boulons un disque de bois placé à la partie supérieure (fig. 1051). Cette carcasse supporte en outre deux joues en ébonite, destinées à limiter l'enroulement du fil. Les quatre dièdres formés par les deux lames de bronze reçoivent des bottes de fil de fer très fin et bien recuit, autour duquel on enroule d'abord un ruban isolant, puis le fil secondaire, qu'on recouvre d'une feuille d'ébonite, et enfin le circuit primaire. Les extrémités du noyau sont ensuite épanouies et taillées en demi-sphères, disposition qui a valu à l'appareil le nom de *hedgehog* (hérisson). Le transformateur est ensuite placé dans un vase en terre vernie.



Fig. 1051. — Transformateur Swinburne.

Autres transformateurs. — Il existe beaucoup d'autres transformateurs, mais un petit nombre

seulement sont entrés dans la pratique.

Le transformateur Kennedy est formé d'un anneau Pacinotti : un noyau de fer en double T, analogue à celui de Siemens, est entouré d'abord par le fil induit, puis par le fil inducteur. Le tout a la forme d'un cylindre, qu'on entoure d'une forte couche de fil de fer.

Le transformateur de M. Diehl se place dans la base même des lampes à incandescence.

M. Tesla a imaginé récemment un transformateur qui fonctionne à intensité constante, quelle que soit sa charge. Ce résultat est obtenu par l'interposition entre les deux circuits de l'appareil d'un écran magnétique, qui retarde la production du courant secondaire jusqu'à ce que le courant primaire ait acquis une intensité déterminée. L'appareil est formé d'un noyau de fil de fer doux recuit, entouré longitudinalement par le circuit secondaire, qui est recouvert à son tour par une couche de fil de fer doux recuit, enroulé transversalement. L'enroulement primaire, qui est longitudinal, est placé par dessus cette enveloppe. Lorsque l'intensité du courant primaire atteint une certaine valeur, l'écran de fer doux se trouve saturé et cesse de garantir le circuit secondaire, dans lequel se développe alors le courant induit (Voy. *Lumière électrique*, 6 sept. 1890).

M. E. Thomson a combiné un transformateur qui, en maintenant une différence de potentiel efficace constante aux bornes du circuit primaire, produit dans le fil secondaire une intensité efficace sensiblement constante, même pour de très grandes variations de résistance de ce circuit, la force électromotrice croissant avec la résistance. Le circuit magnétique de cet appareil est formé de trois noyaux, dont deux traversent les circuits primaire et secondaire; le troisième réunit les deux premiers, en établissant une dérivation, qu'on peut d'ailleurs faire varier à l'aide d'une autre pièce de fer doux. C'est l'établissement de cette dérivation qui permet de rendre l'intensité constante.

Distribution d'énergie par les transformateurs. — Lorsqu'on fait usage de transformateurs, on peut employer la distribution en série, en dérivation, ou un montage mixte.

Dans le premier système, les transformateurs sont placés en série sur le circuit primaire, et les récepteurs, lampes ou autres appareils, sont disposés de la même manière sur le fil induit. Cette disposition convient aux lampes à arc; elle est économique et donne de bons résultats. Pour les lampes à incandescence, elles doivent alors être choisies à faible résistance, comme celles de M. Bernstein.

Le second système consiste à monter les transformateurs en dérivation sur les conducteurs principaux de la dynamo. Chacun d'eux fonctionne alors comme une dynamo compound et donne une différence de potentiel constante. M. Kennedy évite l'emploi de machines à très haute tension en élevant d'abord cette tension à l'aide d'un premier transformateur, qui reçoit le courant d'une dynamo à faible potentiel dans son circuit le moins résistant, et envoie un courant induit, de force électromotrice élevée, dans la canalisation. M. Gisbert Kapp est parvenu à grouper sans inconvénient plusieurs machines à courants alternatifs à faible tension en série pour remplacer une seule machine à haut potentiel.

Le montage mixte consiste à placer les transformateurs en série sur le circuit primaire et les récepteurs en dérivation sur le fil induit. La différence de potentiel aux bornes de ce dernier doit rester constante; il faut donc remplacer chaque lampe éteinte par une résistance équivalente. Au lieu d'une résistance métallique, il vaut mieux mettre une bobine à self-induction considérable, qui empêche le passage des courants alternatifs par la force contre-électromotrice qu'ils créent; la perte d'énergie est alors insignifiante. Ce système, indiqué par M. Gordon et appliqué en Amérique par M. E. Thomson, donne une grande économie dans l'établissement des conducteurs.

M. G. Kapp emploie les transformateurs comme régulateurs. La bobine secondaire d'un petit transformateur est divisée en plusieurs sections dont les extrémités communiquent avec les touches d'un commutateur à manette, qui permet de les intercaler à volonté dans le circuit. Une partie de ces sections concourt à augmenter la force électromotrice; les autres sont montées en sens contraire, de façon à la diminuer. Chaque section introduite augmente ou diminue la force électromotrice d'une quantité fixe, 2 volts par exemple.

TRANSLATEUR. — Relais télégraphique disposé non au poste d'arrivée, mais dans un poste intermédiaire, de façon à envoyer le courant de la pile de ce poste dans le récepteur du bureau d'arrivée. Exemple : on veut transmettre du poste A à un poste B très éloigné; un relais est installé en un poste intermédiaire C. Le manipulateur de A envoie le courant dans le relais de C, et les mouvements de ce relais servent à lancer le courant de C dans le récep-

teur de B, pour reproduire les signaux expédiés par A. (Voy. TRANSLATION.)

Translateur ou Répétiteur phonique. — Combinaison de bobines d'induction employée dans le système anti-inducteur de M. Van Rysselberghe pour la télégraphie et la téléphonie simultanées. (Voy. TÉLÉPHONIE.)

TRANSLATION. — Procédé de transmission télégraphique employé sur les lignes d'une très grande longueur, et qui consiste dans l'emploi d'un relais, appelé *translateur*, qu'on place à une station intermédiaire.

On peut réaliser la translation avec tous les appareils télégraphiques qui possèdent un électro-aimant et une armature mobile. Nous donnerons comme exemple l'installation d'un poste Morse, disposé pour la translation entre deux postes A et B, non figurés. Le poste doit conte-

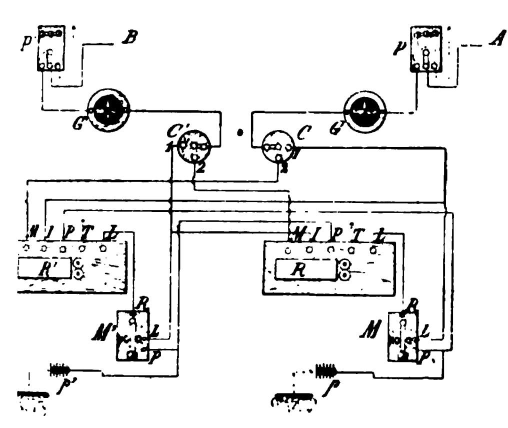


Fig. 1052. — Poste Morse disposé pour la translation.

nir alors deux appareils complets L, M, et L', M' (fig. 1052) et deux piles *pp'*.

Les récepteurs sont alors légèrement modifiés. La colonne placée en arrière de l'électro-aimant, qui supporte les vis de buttée de la palette, est divisée en deux parties, séparées l'une de l'autre, de sorte que les deux vis soient isolées. Cette colonne ainsi modifiée est appelée *colonne de translation*. De plus, chacun de ces récepteurs porte cinq bornes, marquées des lettres M, I, P, T, L. Les bornes L et T communiquent, comme d'ordinaire, avec l'entrée et la sortie de l'électro-aimant. La borne M est reliée au massif de l'appareil et par suite à la palette ; les bornes I et P sont en rapport, la première avec la vis supérieure de la colonne de translation, la seconde avec la vis inférieure. Il résulte de là que tout courant entrant par M sort par I si la palette est au repos, par P si elle est attirée, et réciproquement.

Les bornes L des manipulateurs communiquent comme d'ordinaire avec les lignes A et B par l'intermédiaire des bornes 1 des commutateurs ronds CC', des galvanomètres GG' et des paratonnerres PP'. Les bornes 2 des commutateurs reçoivent le fil qui provient de la borne M du récepteur opposé. Les manettes sont reliées aux lignes A et B.

Le poste est sur translation lorsque les manettes des commutateurs sont sur les bornes 2. Un courant venant de A traverse PGC et arrive à la borne M de R' ; la palette étant au repos, il sort par la vis supérieure et la borne I, arrive à la borne L du manipulateur M, s'échappe par la borne R, traverse l'électro-aimant du récepteur R et va au sol par LT. Sous l'action de ce courant, la palette de R est attirée et vient toucher la vis inférieure, qui communique par la borne P avec la pile *p'* : par suite le courant de cette pile traverse la palette, le massif du récepteur R, la borne M, la borne 2 de C', puis G', P', et va sur la ligne 2 actionner le récepteur du poste extrême. Lorsque le courant de A s'interrompt, celui de la pile *p'* est interrompu en même temps. Le récepteur du poste B recevra donc les mêmes signaux que s'il était en communication directe avec le poste A.

Lorsque B transmet, tout se passe de même : le récepteur R' est mis en mouvement et envoie sur la ligne A le courant de la pile *p*.

Pour communiquer directement avec les postes A et B, le poste intermédiaire que nous considérons doit mettre ses commutateurs sur les bornes 1. La ligne A est alors reliée avec la pile *p*, le manipulateur M et le récepteur R, suivant le mode habituel de communication ; il en est de même pour l'autre appareil et la ligne B.

On peut remarquer que, dans la translation, la pile *p'* communique avec le récepteur R et la pile *p* avec le récepteur R'. Cette transposition n'est pas indifférente : elle a pour but de faire desservir toujours la même ligne par la même pile, soit pour la translation, soit pour la communication avec le poste intermédiaire ; ainsi la pile *p* est toujours affectée à la ligne A, la pile *p'* à la ligne B. Sans cette précaution, on serait obligé de modifier le réglage des récepteurs, suivant que le poste intermédiaire communique avec les postes extrêmes ou les établit en translation, parce que, les lignes A et B pouvant avoir des résistances très différentes, il peut se faire que les piles *p* et *p'* soient composées d'un nombre d'éléments très inégal.

Le contact de la palette attirée avec la vis



inférieure de la colonne de translation doit être parfaitement assuré, sans quoi la translation ne se ferait pas; il faut donc éviter que le couteau vienne frapper la molette sans que l'extrémité postérieure du levier vienne toucher en même temps la vis inférieure. Dans ce but, les appareils bien installés portent, sur la platine antérieure, une petite clef à l'aide de laquelle on soulève la molette, de sorte que le couteau ne peut plus la toucher; la palette possède alors toute sa liberté d'action.

Le plus souvent, on préfère employer comme translateurs des appareils spéciaux. Les relais décrits plus haut peuvent servir à cet usage. Il existe un grand nombre d'autres appareils, tels que ceux de MM. Froment, Mouilleron et Bourbon, Boivin, Dutertre, Héquet, d'Arlincourt et Cazésus, Jaite, etc.

Le Post-Office emploie un appareil qui permet en même temps la transmission avec des courants de sens différents, ainsi que l'exige le télégraphe automatique de Wheatstone, et qui fonctionne avec une précision remarquable.

TRANSMISSION. — Disposition employée pour transmettre le mouvement d'une machine à vapeur ou d'un moteur quelconque aux appareils qu'on veut actionner. La commande des dynamos présente quelques difficultés, car l'armature doit avoir ordinairement une grande vitesse circonférentielle. On est donc obligé, si l'on ne veut pas leur donner des dimensions trop considérables, ce qui ne manque pas d'inconvénients, de leur communiquer des vitesses angulaires très grandes, telles que 1000 tours par minute et même davantage.

Or les machines à vapeur employées dans les ateliers ne font pas ordinairement plus de 100 tours. On peut, il est vrai, augmenter ce chiffre lorsque l'on installe des moteurs spécialement destinés à la commande des dynamos, mais c'est toujours aux dépens du rendement; en outre, si la machine doit se prêter en même temps à d'autres services ou si l'on veut utiliser un moteur déjà installé, on n'a plus cette ressource.

Nous croyons utile de résumer ici les différents modes de trasmission qui peuvent être appliqués aux dynamos. On emploie le plus souvent la transmission par courroie : pour augmenter la vitesse dans le rapport de 18 à 1, il faut généralement se servir d'une transmission intermédiaire, pour éviter d'avoir des poulies d'un diamètre exagéré. Il faut de plus opérer une tension assez grande sur la courroie pour produire l'adhérence nécessaire à l'entraînement; c'est dans ce but qu'on monte souvent les dynamos sur des glissières (*Voy.* MACHINES D'INDUCTION), afin qu'on puisse écarter plus ou moins leur poulie de la poulie motrice. Mais cette tension exagérée n'est pas sans inconvénient. Elle détériore en peu de temps les courroies, fatigue les arbres de transmission et use rapidement les coussinets de la dynamo et de la transmission, si la poulie est entre paliers; si elle est hors palier, en porte à faux, ce système a de plus le défaut de tendre à fausser l'arbre de la dynamo. Dans tous les cas, la pression des arbres sur leurs supports absorbe du travail inutilement. Enfin cette disposition exige beaucoup de place, ce qui est un grave défaut dans les villes.

On a remédié à ce dernier inconvénient en faisant conduire les dynamos par des poulies

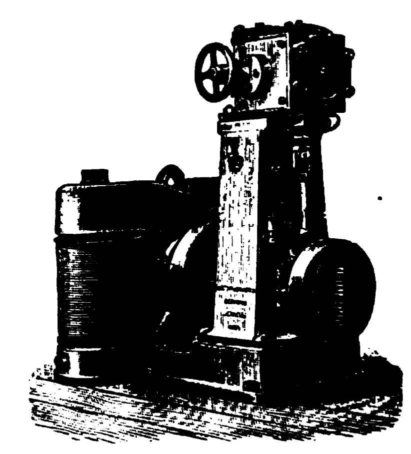


Fig. 1053. — Dynamo Brown accouplée directement avec un moteur.

de friction tangentielle, agissant sur des galets en papier ou garnis de caoutchouc; mais il faut alors une pression considérable au point de contact. Dans les usines spéciales d'électricité, on atténue les autres défauts en employant des moteurs à grande vitesse, en se servant du volant comme poulie, ce qui supprime la transmission intermédiaire; mais il reste toujours la fatigue des organes.

Une autre solution consiste à faire commander directement les dynamos par les moteurs, auxquels elles sont reliées par des manchons d'accouplement rendus solidaires au moyen de ressorts en caoutchouc. Ce système s'impose toutes les fois qu'on ne peut disposer que d'un espace très restreint, par exemple sur les navires. Nous en avons donné plusieurs exemples au mot ÉCLAIRAGE. La figure 1053 montre une dy-

namo Brown de 400 ampères et 65 volts accouplée directement avec une machine à vapeur de 40 chevaux.

Cette machine servait à l'éclairage d'une partie de la Galerie des Machines à l'Exposition universelle de 1889; on avait réduit sa marche de façon à ne lui faire produire que 65 volts.

Ce mode de transmission oblige à réduire la vitesse de la dynamo et par suite à lui donner des dimensions considérables, tandis qu'on augmente celle du moteur, ce qui en diminue le rendement.

Nous citerons pour terminer un mode de transmission imaginé par M. Hamon et qui nous paraît satisfaire à tous les desiderata. Dans ce système, l'arbre du moteur porte un plateau conique qui tourne avec lui. Un second plateau conique extérieur, de même sommet que le premier, tourne follement sur l'arbre et en sens inverse. La rotation de ces deux plateaux entraîne un cône en papier, calé sur l'arbre de la dynamo et pris entre les deux cônes. On voit que, en modifiant le diamètre des plateaux et du cône de papier, on peut faire varier facilement le rapport des vitesses. Le système des deux plateaux peut recevoir un cône de chaque côté et par suite actionner deux dynanos, dont les axes, placés dans le même plan horizontal que l'arbre du moteur, font avec lui des angles égaux à la moyenne des angles générateurs des plateaux coniques. On conçoit qu'on peut installer sur chaque bout de l'arbre une et même deux transmissions semblables, ce qui permet de faire commander quatre et même huit dynamos par le même moteur.

Ce système occupe peu de place et nous paraît éviter les inconvénients de ceux qui précèdent. Les cônes de papier sont presque inusables.

TRANSMISSION ÉLECTRIQUE DE L'ÉNERGIE. — La transmission de l'énergie à distance par l'électricité est fondée sur la réversibilité des machines d'induction (Voy. MACHINE D'INDUCTION).

On réserve quelquefois le nom de transmission au cas où la distance est petite; on appelle alors *transport* de la force la transmission à grande distance. Nous ne conserverons pas cette distinction, qui ne nous paraît pas justifiée.

Lorsqu'on fait tourner l'armature d'une de ces machines, on lui fournit du travail mécanique et elle donne naissance à un courant électrique. Si au contraire on lance un courant dans l'anneau, la machine se met à tourner et peut produire un travail mécanique. Enfin, si l'on place dans un même circuit deux machines d'induction, et que l'on fasse tourner une d'elles, la seconde se mettra en mouvement sous l'influence du courant et pourra être employée à effectuer un certain travail. L'énergie mécanique est ainsi transmise à distance.

La première machine est appelée *génératrice*, et la seconde *réceptrice*.

Cette expérience a été réalisée pour la première fois en 1873 à l'Exposition de Vienne par M. H. Fontaine, au moyen de deux machines Gramme accouplées; l'une était mue par un moteur à gaz, système Lenoir; l'autre, actionnée par le courant de la première, faisait marcher une pompe centrifuge de MM. Neut et Dumont.

Le circuit qui réunit les deux machines peut avoir une grande longueur, sans que l'expérience cesse de réussir. La transmission électrique de l'énergie permettrait donc d'utiliser à distance les nombreuses forces naturelles qui restent inutilisées parce qu'elles sont situées en des points éloignés des centres commerciaux ou dénués de communications faciles, de sorte que l'on ne peut songer à y installer une usine. Telles sont les chutes d'eau, si nombreuses dans les montagnes.

La transmission électrique de l'énergie, on le conçoit facilement, ne saurait d'ailleurs s'effectuer sans perte : la génératrice perd une partie de l'énergie en la transformant en courant, la génératrice donne une perte analogue dans la transformation inverse ; il faut ajouter encore les pertes provenant de l'échauffement des conducteurs et de leur isolement toujours insuffisant.

Malgré ces inconvénients, il semble à première vue que la valeur du rendement n'ait pas une grande importance, si l'on utilise des forces naturelles, qui par conséquent ne coûtent rien. Mais en réalité la question est plus complexe : il faut tenir compte des frais d'installation, d'exploitation et d'entretien des machines et de la ligne. Si le rendement n'est pas suffisamment élevé, il peut se faire que l'énergie gratuite ainsi transmise coûte plus cher que si on la produisait sur place avec une machine à vapeur. La transmission électrique peut du reste présenter dans certains cas des avantages qui la fassent préférer, quelle que soit la dépense, mais, le plus souvent, il convient de calculer avec soin le rendement, et de chercher les conditions qui peuvent lui donner une valeur aussi élevée que possible.



Calcul d'une transmission. — Cherchons à calculer le rendement d'une transmission d'énergie dans le cas le plus favorable, c'est-à-dire en négligeant les imperfections que présentent nécessairement les appareils. Supposons que la génératrice reçoive un travail moteur T et que son rendement soit k; soient E et I la force électromotrice et l'intensité du courant

$$(1) \qquad EI = kT.$$

Si l'on maintient la réceptrice immobile, de sorte qu'elle ne produise aucun travail, on a d'après la loi d'Ohm :

$$E = RI;$$

d'où

$$EI = RI^2,$$

R étant la résistance totale du circuit. Mais, si la génératrice tourne et produit un travail mécanique, l'intensité diminue et prend une valeur i inférieure à celle indiquée par la loi d'Ohm. Cet effet peut s'expliquer, soit par une augmentation brusque de la résistance, soit par la production d'une force contre-électromotrice dans la machine réceptrice. La première hypothèse n'est guère vraisemblable, car les variations de température dues au fonctionnement de l'appareil sont insuffisantes pour expliquer l'accroissement de résistance qu'il faudrait admettre. Il est naturel de supposer, au contraire, que la rotation de la réceptrice tend à y faire naître un courant de sens contraire à celui de la génératrice ; la force contre-électromotrice ainsi développée, soit e, se retranchera de celle de la génératrice, et l'on aura

$$(2) \qquad E - e = Ri$$

ou

$$Ei = Ri^2 + ei.$$

La quantité d'énergie ei est celle que la réceptrice absorbe et transforme en travail mécanique. Si son rendement est k', ce travail sera donné par

$$T' = k'ei.$$

On voit que la force contre-électromotrice est nécessairement inférieure à E; elle ne peut lui être égale que dans les cas limites où l'on aurait $i = 0$ ou $R = 0$.

Travail utile. — Le travail utile est celui qui est fourni par la réceptrice.

$$T' = k'ei.$$

En tirant de (2) la valeur de i, on a

$$(3) \qquad T' = k'\frac{e(E-e)}{R}.$$

Outre les constantes k' et R, T' est le produit des deux facteurs e et $E - e$, dont la somme est constante et égale à E. Il est donc maximum lorsque ces facteurs sont égaux ou

$$e = \frac{E}{2},$$

ce qui donne, en portant dans (2),

$$i = \frac{E}{2R} = \frac{I}{2}.$$

Le maximum est donc obtenu lorsque, par la rotation de la réceptrice, l'intensité du courant diminue de moitié.

L'équation (3) montre en outre que le travail utile diminue lorsque l'on augmente la résistance R du circuit ou la distance des deux machines. Nous verrons plus loin comment on peut remédier à ce défaut.

Rendement électrique. — Le rendement électrique de la transmission proprement dit, abstraction faite du rendement des deux machines, est le rapport de l'énergie développée dans la réceptrice à l'énergie fournie par la génératrice. C'est donc

$$\frac{ei}{Ei} = \frac{e}{E}.$$

Le rendement électrique d'une transmission est donc indépendant de la résistance du circuit, et par suite de la distance des deux machines.

Ce théorème, énoncé par M. Marcel Deprez, est contesté par beaucoup d'électriciens. Il faut remarquer, en effet, que si l'on fait varier la distance, l'intensité diminue; il en résulte que la réceptrice tourne moins vite, et la force contre-électromotrice est plus faible. Pour que le théorème soit exact, il faut que cette force conserve la même valeur, et par suite il faut employer des machines d'autant plus puissantes que la distance est plus grande ; si l'on emploie la même machine, le rendement diminue à mesure que la distance augmente.

En outre le théorème précédent rencontre dans la pratique d'autres objections. La ligne n'est jamais parfaitement isolée ; qu'elle soit portée sur des poteaux ou placée dans le sol, il y a toujours des pertes, et l'intensité n'est plus constante dans tout le circuit : elle diminue à mesure qu'on s'éloigne de la génératrice, et elle est d'autant plus faible dans la réceptrice que celle-ci est plus loin. En appelant i' cette valeur de l'intensité, le rendement électrique est représenté pratiquement par $\frac{ei'}{Ei}$.

Le théorème de M. Deprez peut prendre une

autre forme, dans le cas très simple où les deux machines seraient identiques. Comme elles sont parcourues par le même courant, on peut supposer en outre que les deux champs magnétiques ont exactement la même intensité, et que les deux forces électromotrices sont proportionnelles aux vitesses V et v des deux induits, ou au nombre de tours N et n qu'ils font par minute. On aurait alors

$$\frac{e}{E}=\frac{v}{V}=\frac{n}{N}.$$

On pourrait dans ce cas obtenir le rendement électrique d'une façon très simple, en mesurant N et n. C'est là d'ailleurs un cas purement théorique : même si les machines sont identiques, les champs ne peuvent être de même intensité, parce que la réaction des courants sur le champ n'est pas la même dans les deux machines.

Rendement mécanique. — Le rendement électrique est intéressant à considérer, mais il est à peu près indifférent dans les applications. Ce qui importe dans la pratique, c'est le *rendement mécanique*, c'est-à-dire le rapport du travail mécanique fourni par la réceptrice à celui qu'absorbe la génératrice. C'est cette quantité qu'on désigne habituellement sous le nom de rendement. Le rendement mécanique est le seul qui intéresse les industriels, car il tient compte de toutes les pertes produites dans la transmission, et il fait connaître la force qu'il faut fournir au départ pour obtenir à l'arrivée un travail déterminé ; sa connaissance permet de voir si, dans le cas considéré, la transmission électrique est préférable aux autres procédés.

Le travail fourni à la génératrice est donné par

$$kT = Ei.$$

Celui que donne la réceptrice est

$$T' = k'ei.$$

Le rendement mécanique est donc

$$\frac{T'}{T} = kk'\frac{e}{E}.$$

Il est donc égal au produit du rendement électrique de la transmission par les rendements des deux machines. Cette expression ne tient compte que des pertes provenant des appareils électriques; il faudrait évaluer encore celles qui sont dues au moteur qui actionne la génératrice et aux appareils mus par la réceptrice; mais ce serait sortir de notre sujet.

M. Boistel a vérifié que le rendement mécanique décroît rapidement à mesure que la distance augmente, avec deux machines Siemens identiques, pouvant produire, à la vitesse de 900 tours, un courant de 168 volts et 58,5 ampères sur un circuit peu résistant. En réunissant ces machines par un conducteur de résistance négligeable, le rendement mécanique est de 54 p. 100; mais il n'est plus que de 41 p. 100, lorsqu'on intercale une résistance extérieure de 0,50 ohm, équivalant à 416 mètres d'un fil de 4,5 mm. de diamètre; enfin, il tombe à 28,8 p. 100 lorsqu'on porte la longueur du fil à 833 mètres (1 ohm), et à 15,8 p. 100, si cette longueur atteint 1250 mètres (1,5 ohm).

Exemple numérique. — Les calculs qui précèdent nous ont conduit très simplement aux résultats obtenus par M. Marcel Deprez, et dont les points principaux se résument ainsi :

1° Le rendement électrique d'une transmission est égal à $\frac{e}{E}$; il est donc indépendant de la distance, pourvu qu'on choisisse les machines de façon à maintenir constant le rapport qui précède. D'ailleurs cette constance ne peut pas être réalisée dans la pratique, à cause notamment du défaut d'isolement de la ligne.

2° Le rendement mécanique est indépendant de la distance, si les forces électromotrices E et e varient proportionnellement à la racine carrée de la résistance totale (1). Le défaut d'isolement de la ligne a encore ici la même influence.

Pour bien faire comprendre dans quelles conditions le transport électrique de l'énergie peut être avantageux, nous ajouterons un exemple numérique emprunté à M. H. Fontaine, et qui se rapproche bien des conditions ordinaires de la pratique, soit le transport d'une force de 40 chevaux à 3 kilomètres.

Pour avoir un service parfaitement régulier et de longue durée, l'expérience montre qu'on ne peut demander à la génératrice plus de 1000 tours pour la vitesse, ni plus de 1500 volts pour la force électromotrice. Le travail fourni à la machine étant de 40 chevaux ou 3000 kilogrammètres, l'intensité en ampères est donnée par

$$T = \frac{EI}{g}$$

ou

$$3000 = \frac{1500 \times I}{9,81}.$$

(1) La démonstration de cette relation se trouve un peu plus loin (page 906).

D'où

$$I = 19{,}62 \text{ ampères.}$$

Prenons 20 ampères pour simplifier les calculs. Une partie de ce courant est absorbée par l'échauffement de la génératrice. Les dynamos Gramme de 1500 volts ont une résistance intérieure de 10 ohms. Elles consomment donc, sous forme de chaleur, une quantité d'énergie égale à $\frac{rI^2}{g}$ ou $\frac{10 \times 20^2}{9{,}81}$, soit environ 400 kilogrammètres.

De nombreuses expériences ont montré que les frottements mécaniques et autres causes accessoires absorbent environ 10 p. 100, soit 300 kilogrammètres. La perte totale dans la génératrice est donc de 700 kilogrammètres et le circuit extérieur ne reçoit que 2300 kilogrammètres. Par suite, la différence de potentiel aux bornes de la génératrice est

$$e = \frac{tg}{I} = \frac{2300 \times 9{,}81}{20} = 1128 \text{ volts.}$$

Avant d'examiner la perte due à la ligne, cherchons celle qui provient de la réceptrice. M. Fontaine conseille l'emploi d'une réceptrice identique à la génératrice, ce qui n'exige qu'une seule machine de rechange et évite l'excès de vitesse que pourrait prendre la réceptrice tournant sans charge. Dans ce cas, cette machine absorbera encore 400 kilogrammètres sous forme de chaleur. La perte provenant des frottements sera moindre que dans la génératrice, le travail et la vitesse étant eux-mêmes plus petits. On peut admettre qu'il est égal aux deux tiers du premier, soit 200 kilogrammètres; la réceptrice absorbera donc 600 kilogrammètres et les deux machines ensemble 1300 kilogrammètres.

Il reste à considérer l'influence de la ligne, qui varie avec son diamètre. Il faut donc déterminer ce diamètre d'après le rendement qu'on veut obtenir.

Si l'on veut transmettre 18 chevaux ou 1350 kilogrammètres, il faut que la ligne n'absorbe pas plus de 350 kilogrammètres. La résistance de la ligne ne doit donc pas dépasser la valeur

$$R = \frac{t'g}{I^2} = \frac{350 \times 9{,}81}{400} = 8{,}6 \text{ ohms.}$$

La ligne ayant 6000 mètres (aller et retour), il faudra du fil de cuivre de 11,6 mm. carrés, dont le poids sera 624 kilogrammes, et le prix 6240 francs, le prix moyen étant de 10 francs par kilogramme.

Pour transmettre 20 chevaux, on trouverait qu'il faut prendre du fil de 20 mm. carrés, pesant 1080 kilogrammes et coûtant 10800 francs. Pour 22 chevaux, il faudrait du fil de 83,33 mm. carrés, et le prix s'éléverait à 45000 francs.

Ces trois exemples, qui correspondent à des rendements de 45, 50 et 55 p. 100, montrent avec quelle rapidité augmentent le prix de la ligne et par suite les frais d'installation, lorsqu'on veut obtenir un rendement un peu considérable.

Construction géométrique. — La construction suivante permet de se rendre compte facilement des résultats qui précèdent. Nous avons

$$(4) \qquad \begin{aligned} kT &= Ei \\ T' &= k'ei \\ Ei &= Ri^2 + ei. \end{aligned}$$

Éliminons e et i entre ces 3 équations; il vient

$$(5) \qquad Rk^2k'T^2 - kk'E^2T + E^2T' = 0.$$

En prenant T pour abscisses et T' pour ordonnées, cette équation représente une parabole à axe vertical passant par l'origine (fig. 1054), et coupant l'axe des T à une distance $\frac{E^2}{kR}$. Cette courbe suppose des valeurs déterminées de E et de R. Pour un point quelconque, l'abscisse OM représente le travail absorbé par la génératrice, l'ordonnée MP le travail utile fourni par la réceptrice. Le rendement mécanique est égal à $\frac{MP}{OM}$; il est donc figuré par la tangente trigonométrique de l'angle POM, et il augmente avec cet angle.

On voit immédiatement que la plus grande valeur du travail utile est représentée par QS et correspond à la valeur OQ du travail utile, c'est-à-dire à

$$T = \frac{E^2}{2kR},$$

ou bien à

$$i = \frac{E}{2R},$$

comme nous l'avons vu plus haut.

A chaque valeur OM du travail moteur correspond une seule valeur MP du travail utile. Mais, si l'on se donne une valeur $MP = M_1P_1$ du travail utile, on voit qu'elle peut être obtenue pour deux valeurs OM et OM_1 du travail moteur. Il est évident que l'on prendra dans la pratique la plus petite valeur OM, puisqu'elle donne un plus fort rendement. La seule partie de la courbe utile à considérer est donc la partie OS; au delà de ce point, le travail utile diminue

à mesure que le travail moteur augmente. Dans cette partie de la courbe, on voit que le rendement est plus grand pour les points les plus voisins de l'origine : on augmenterait donc sa valeur en diminuant autant que possible le travail moteur et le travail utile. Il est évident que la pratique ne peut tenir compte de cette condition, car il y a généralement avantage, vu les frais d'installation et d'entretien des machines, à transmettre la plus grande quantité de travail possible.

La droite OB, tangente à la courbe à l'origine, a pour équation

$$y = kk'x.$$

On voit donc que le rendement mécanique ne peut dépasser le produit du rendement des deux machines; en d'autres termes, le rendement électrique est nécessairement inférieur à 1. De plus, on a

$$MP' = kk'T$$
$$MP = T'.$$

Donc

$$PP' = kk'T - T' = k'Ri^2.$$

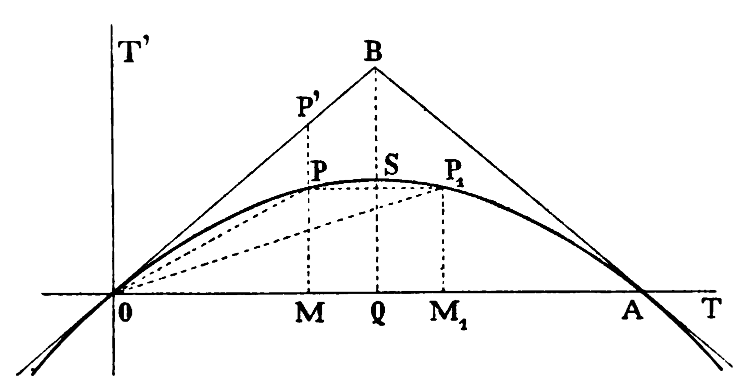


Fig. 1054. — Représentation graphique du rendement mécanique.

La distance PP' est donc proportionnelle à la perte d'énergie par échauffement du conducteur. On voit que cette perte augmente avec OM, mais plus vite que OM, ce qui explique la diminution du rendement.

Nous avons supposé les quantités E et R invariables. Si l'on fait croître E, la parabole change de forme et va couper l'axe des T plus loin, en même temps que son sommet s'élève. Le travail utile T' et le rendement augmentent. Il en est de même si l'on fait décroître R. Si R et E changent à la fois, le problème est plus complexe. Il y a cependani un cas simple : l'équation (5) ne contient que le rapport $\frac{E^2}{R}$; si l'on fait varier E et R de sorte que ce rapport reste constant, la courbe ne change pas et le rendement reste invariable pour une valeur déterminée du travail moteur, malgré l'accroissement de résistance. Nous indiquons plus loin que M. Marcel Deprez est arrivé à ce résultat par une autre méthode.

On pourrait encore, entre les équations (4), éliminer T et e; il resterait une relation entre T' et i, que l'on pourrait représenter de même par une courbe. Cette construction permettrait, étant donnée une force naturelle, de calculer la quantité qu'on pourrait transmettre.

Influence de la distance; moyen d'y remédier. — Cette influence, bien évidente *à priori*, est manifestée par les résultats qui précèdent : elle a pour effet de diminuer notablement le rendement mécanique. On s'est préoccupé de remédier à ce grave inconvénient.

Un premier moyen consisterait à augmenter le diamètre des conducteurs avec la distance, de façon à diminuer ou même à annuler l'augmentation de résistance. Ce procédé très simple est le plus souvent inapplicable, parce que l'augmentation de diamètre et de longueur de la ligne rendrait les dépenses de première installation beaucoup trop considérables. L'exemple suivant, cité par M. Boïstel, le montre suffisamment. Pour l'exploitation de certaines mines du Pérou, on a cherché à transporter une force de 200 chevaux à 50 kilomètres avec un rendement de 33 p. 100. La dépense prévue pour les machines était de 300 000 francs, mais le prix des conducteurs s'élevait à 1 625 000 francs, ce qui portait l'installation à 1 925 000 francs. On voit par cet exemple que l'augmentation de diamètre des conducteurs ne peut fournir une solution pratique de la question.

Un autre système, proposé par M. Marcel Deprez, est l'emploi des hautes tensions. Le travail utile est

$$T' = k' \frac{e(E-e)}{R}.$$

Si l'on fait croître E et e proportionnellement à la racine carrée de la résisiance R, de sorte que, pour une résistance R_1, on ait des forces E_1 et e_1 déterminées par

$$(6) \qquad \frac{e_1}{e} = \frac{E_1}{E} = \sqrt{\frac{R_1}{R}},$$

le nouveau travail utile étant

$$(7) \qquad T'_1 = k' \frac{e_1(E_1 - e_1)}{R_1},$$

on voit facilement, en remplaçant dans (7) E_1 et e_1 par leurs valeurs tirées de (6), que T'_1 est égal à T'. Il faut cependant supposer encore que le rendement k' de la nouvelle réceptrice est égal à celui de la première. On voit donc que, si E et e varient proportionuellement à la résistance R, le rendement électrique de la ligne reste constant.

Le système des hautes tensions a pour conséquence de diminuer l'intensité, ce qui est avantageux, puisqu'on diminue en même temps l'énergie Ri^2 transformée en chaleur sur la ligne et qui constitue une perte. Mais l'emploi de ces tensions élevées, 2000 ou 3000 volts, et même 8000 ou 10000 volts, comme l'a proposé M. Deprez, n'est pas encore très facile et présente de grands dangers; peut-être pourra-t-on éviter ces dangers par des réglementations sévères et des précautions suffisantes, mais la question est assez compliquée, puisqu'il faut appliquer ces précautions non seulement aux machines, mais à la ligne elle-même.

Il y a d'ailleurs plusieurs manières d'obtenir de hautes tensions : on peut augmenter la vitesse de rotation des anneaux, réduire le diamètre du fil induit, construire des machines de très grandes dimensions, ou enfin disposer en série plusieurs machines plus petites.

La vitesse des anneaux ne peut pas être augmentée au delà d'une certaine limite. L'emploi d'un fil induit de très petit diamètre complique bientôt la construction de la machine et rend son prix de revient très élevé. M. Deprez a cependant appliqué ce système aux électros et aux armatures des machines Gramme, Siemens et autres pour le transport de la force.

Les machines de très grandes dimensions seraient avantageuses, d'après M. Deprez, car la puissance varierait comme la quatrième puissance des dimensions homologues, tandis que le poids et la masse sont seulement proportionnels à la troisième. Des expériences directes n'ont vérifié cette loi que d'une manière approximative. On ne peut donc se fier à cette règle. Aussi l'on n'a guère construit jusqu'à présent de machines de ce genre : on cite une machine de M. Gordon qui a de très grandes dimonsions : elle pèse 18000 kilogrammes; la roue qui porte les inducteurs a 2,66 m. de diamètre; cette machine transforme, dit-on, en électricité 94 p. 100 de l'énergie mécanique qu'on lui fournit.

L'accouplement en série de plusieurs dynamos, qui a été appliqué par M. Fontaine, paraît être jusqu'ici le procédé le plus avantageux.

Ajoutons enfin que sir W. Thomson a proposé une solution intermédiaire entre l'accroissement de puissance des machines et l'augmentation du diamètre des conducteurs. Elle consiste à déterminer le diamètre du fil de ligne d'après cette condition que l'intérêt annuel du prix d'achat total soit moindre que la dépense annuelle de force motrice absorbée par la résistance électrique de ce conducteur. En réalité, il faudrait tenir compte aussi des frais de pose, qui augmentent avec le diamètre du conducteur.

Conclusions. — En résumé, on ne saurait indiquer d'avance les meilleures conditions d'établissement d'une transmission électrique d'énergie. Le seul point acquis définitivement, c'est la nécessité d'abandonner les fils de fer et d'employer toujours pour les lignes un métal très conducteur, comme le cuivre ou le bronze phosphoreux ou silicieux. Il faudra d'ailleurs déterminer dans chaque cas les conditions les meilleures, en tenant compte de toutes les causes de perte provenant des machines et des autres appareils, de l'échauffement de la ligne, des défauts d'isolement, etc.

Transmission à grande distance.

Pour le transport à grande distance, on peut dire qu'il n'a guère été fait jusqu'à présent que des expériences d'essai, et qu'il n'existe encore que peu d'applications industrielles.

Expériences de M. Marcel Deprez. — De 1882 à 1886, M. Marcel Deprez a fait un certain nombre d'expériences dans le but de vérifier les résultats énoncés plus haut et de démontrer la possibilité pratique de transmettre la force à grande distance par l'électricité.

Expériences de Munich. — Les premières expériences furent installées en 1882 entre l'Ex-

position d'électricité de Munich et une usine située à Miesbach, à une distance de 57 kilomètres. La génératrice, installée à Miesbach, faisait 1611 tours et donnait 1343 volts et 0,519 ampère. Elle était mue par une machine à vapeur. La ligne était formée de deux fils de fer de 4,5 mm., offrant une résistance totale de 950,2 ohms.

La réceptrice, située dans le palais de l'Exposition, faisait 752 tours et donnait une différence de potentiel de 850 volts; elle faisait marcher une pompe centrifuge, qui alimentait une cascade de 2,5 m. de hauteur, et produisait un travail de 0,433 cheval. Le rendement électrique était de 38,9 p. 100, le rendement mécanique de 30 p. 100.

Expériences du chemin de fer du Nord. — En février 1883, M. Deprez employa deux machines, placées l'une près de l'autre dans les ateliers de la Chapelle et réunies d'une part par un fil court, de résistance négligeable, de l'autre par un fil télégraphique allant au Bourget et revenant au point de départ (longueur 17 kilomètres). La résistance de la ligne était de 160 ohms. La génératrice avait une résistanec de 56 ohms et pouvait donner 2700 volts avec 720 tours par minute. La réceptrice était une machine Gramme ordinaire. Les meilleurs résultats furent obtenus avec une intensité de 2,5 ampères et des différences de potentiel de 2338 volts pour la génératrice et 1994 pour la réceptrice. On put transmettre ainsi 4,439 chevaux avec un rendement mécanique de 36,2 p. 100.

Il faut remarquer que le mode d'installation des deux machines était plus favorable que celui qui se présente toujours dans la pratique. En effet, lorsque les dynamos sont placées aux deux bouts de la ligne, les dérivations qui s'établissent par défaut d'isolement diminuent l'intensité dans la réceptrice. Ici au contraire, les deux machines étant réunies d'un côté par une résistance négligeable, le courant a la même intensité dans les deux, et les dérivations qui peuvent s'établir, ayant pour effet de diminuer la résistance totale, augmentent cette intensité.

Expériences de Grenoble. — Dans ces expériences, exécutées en août et septembre 1883, la génératrice était installée dans l'usine de ciment de MM. Damaye et Cie, près de la gare de Vizille, et actionnée par la turbine de l'atelier. Elle faisait 1140 tours et donnait 3146 volts. La réceptrice, placée dans la halle de Grenoble, faisait 875 tours avec une force électromotrice de 2231 volts. La distance était de 14 kilomètres; la ligne était formée d'un double fil en bronze silicieux de 2 mm., ayant une résistance totale de 167 ohms. L'intensité était de 2,88 ampères à Vizille et de 2,82 ampères à Grenoble. Les résultats furent un peu meilleurs que dans les expériences précédentes. On arriva à transmettre près de 7 chevaux avec un rendement de 62,3 p. 100.

Les dérivations provenant du défaut d'isolement furent étudiées avec soin. Pour une force électromotrice de 3128 volts et une intensité de 3,51 ampères à Vizille, la perte était de 6,6 p. 100.

Expériences de Creil. — Les dernières expériences de M. Deprez ont eu lieu au chemin de fer du Nord, entre Creil et la gare de la Chapelle, de novembre 1885 à mai 1886. Elles avaient pour but de démontrer d'une manière irréfutable la possibilité de transporter sans danger une grande force à une grande distance, dans des conditions pratiques et suffisamment rémunératrices. Elles devaient satisfaire au programme suivant :

1° Démontrer la possibilité technique de transporter sans danger une grande force à une grande distance;

2° Prouver que les machines peuvent fonctionner vingt heures par jour, et pendant plusieurs mois, sans subir aucune détérioration;

3° Démontrer la possibilité de diviser, à l'arrivée, le courant entre plusieurs réceptrices chargées de services complètement différents, malgré des variations brusques dans le travail utilisé par chacune d'elles;

4° Établir des appareils d'un rendement suffisant, sans exagérer les dépenses de premier établissement.

Pour réaliser ce programme, on devait installer à Creil deux locomobiles de 100 à 150 chevaux chacune, commandant à l'aide de courroies un arbre moteur, pris pour origine de toutes les mesures, et recevant des vitesses de 50 à 150 tours, ce qui correspond aux vitesses ordinaires des roues et des turbines hydrauliques. Cet arbre devait commander la génératrice en lui donnant une vitesse de 200 à 300 tours.

La gare de la Chapelle devait avoir trois réceptrices actionnant respectivement :

1° Les machines de l'éclairage électrique, fonctionnant 10 à 14 heures par jour et absorbant de 10 à 20 chevaux;

2° Les pompes de la manutention hydraulique, fonctionnant jusqu'à vingt heures par jour

oulies et de quatre galets de friction. Les lynamos oscillaient sur un axe horizontal placé ous leur socle, de sorte que la pression des ;alets était déterminée par le poids même des nachines. Le système générateur entier n'occupait qu'un espace de 3,5 mètres sur 3,7 mères.

Le groupe récepteur occupait environ 7 mères carrés. Les trois machines étaient placées out à bout et réunies ensemble par des manhons garnis de caoutchouc.

En donnant aux génératrices une vitesse de 298 tours, on obtint aux deux bornes de la gne une différeuce de potentiel de 5896 volts. 'intensité du courant était de 9,34 ampères e travail absorbé sur l'arbre des génératrices tait de 95,8 chevaux, le travail recueilli au ein sur l'arbre des réceptrices de 49,98 cheaux, les réceptrices faisant 1120 tours. Le renement industriel était donc de 52 p. 100.

Il résulte donc de ces expériences que les ynamos ordinaires, accouplées en série, se rêtent aussi bien à la transmission électrique le l'énergie que les grosses machines. Il est donc absolument inutile de construire des machines spéciales, de grandes dimensions, qui sont d'une construction compliquée, d'un prix élevé, exigent par leur masse des travaux coûteux de fondations, et ne peuvent se prêter à la variété des services qu'exige d'ordinaire une exploitation. Un dernier renseignement montre bien l'infériorité des grosses machines. Les sept dynamos employées par M. Fontaine pesaient ensemble 8400 kilogrammes et coûtaient 16450 francs. Les deux machines utilisées dans l'expérience de Creil pesaient 70000 kilogrammes et leur prix était estimé à 80000 francs.

Transmission entre Kriegstetten et Soleure. — On comprend facilement, d'après les résultats des expériences décrites ci-dessus, que le nombre des transmissions électriques industrielles actuellement existantes soit encore très faible. La première fut, croyons-nous, installée en 1886 par la Société des ateliers d'Œrlikon, entre Kriegstetten et Soleure, dans le but d'utiliser la force d'une chute d'eau située à la première station, et donnant de 30 à 50 chevaux. Cette force est recueillie par une turbine qui actionne deux dynamos identiques, du système Brown, couplées en série, faisant 700 tours par minute et donnant une différence de potentiel aux bornes de 1753,3 volts avec une intensité de 11,474 ampères.

La ligne, qui a 8 kilomètres de longueur, est

formée de trois fils de cuivre nu de 6 millimètres de diamètre (comme dans le système de distribution Edison à trois fils); ces conducteurs sont soutenus par cent quatre-vingts poteaux en bois à l'aide d'isolateurs Johnson et Philips. Ce sont des isolateurs ordinaires en porcelaine, dont l'isolation est augmentée par l'adjonction d'un liquide aussi peu conducteur que possible, qui remplit une cavité intérieure formée par le bord intérieur de l'appareil. Pour éviter que la surface du liquide se couvre de gouttes d'eau par la pluie ou par le brouillard, les dimensions de l'isolateur et de son support sont telles que l'accès de l'air est presque absolument empêché. La résistance totale de la ligne est de 9,228 ohms.

La station réceptrice, placée à Soleure, dans l'usine de M. Muller-Haiber, comprend deux dynamos identiques, montées en série, un peu plus petites et un peu moins puissantes que les premières.

Des mesures électriques et mécaniques ont été faites avec soin les 11 et 12 octobre 1887 par une commission composée de MM. Amsler, Hagenbach, Keller, Veith et Weber; elles ont donné un rendement industriel de 75,2 p. 100. Ces résultats excellents sont attribués au bon rendement des machines, à l'emploi de forces électromotrices élevées, à la distance relativement faible, à l'emploi d'un conducteur assez gros et au parfait isolement de la ligne.

Transmission de Thorenberg à Lucerne. — La même Société a établi à Thorenberg, en 1887, une usine destinée à utiliser la force d'une chute d'eau pour l'éclairage de la ville de Lucerne et le transport de la force motrice. Cette usine alimente donc deux services spéciaux absolument distincts. La transmission destinée à l'éclairage emploie des machines à courants alternatifs et des transformateurs Zipernowsky. La transmission de force est à courant continu. Elle fait mouvoir un moulin à farine appartenant à M. Troller.

Cette dernière est établie pour une force initiale de 120 chevaux, avec une force électromotrice de 1000 volts et un courant de 80 ampères. Les deux machines Brown sont du même type, avec inducteurs à pôles conséquents, et ne diffèrent que par l'enroulement; elles font 450 tours par minute.

La ligne, d'une résistance totale de 2 ohms, est à deux fils. Elle est en partie aérienne, en partie souterraine. La première portion a 3040 mètres de longueur; elle est formée d'un fil de 63 millimètres carrés de section, soutenu

Chacune de ces turbines actionne une machine à courants alternatifs, système Zipernowsky (Voy. SUPPLÉMENT), de 24000 watts 2000 volts et 12 ampères), et une dynamo excitatrice, type A, pouvant produire 3000 watts à pleine charge. Chacune de ces machines, avec son excitatrice et ses appareils accessoires, dessert une des deux villes. La tension secondaire est maintenue constante dans les deux villes par deux rhéostats automatiques avec égalisateur, donc sans fil de retour.

La fig. 1055 représente l'usine de Béconne: on



Fig. 1056. — Disposition des transformateurs Zipernowsky et des par MM. Ganz et Cie,

tance de 11,8 ohms. Celle de Valréas est formée d'un câble de même substance, ayant 33 millimètres carrés de section et 16,1 ohms de résistance. Deux fils téléphoniques, posés sur les mêmes poteaux que les premiers conducteurs, assurent entre l'usine et les deux villes les communications nécessaires au service.

Dans les villes, les conducteurs reposent le plus souvent sur des supports fixés au faîte des maisons et inaccessibles au public. Les réseaux ont des formes différentes, suivant la configuration des deux villes. A Valréas, qui présente presque la forme d'un cercle, la distribution a pu être faite en bouquet à partir

Chacune de ces turbines actionne une machine à courants alternatifs, système Zipernowsky (Voy. SUPPLÉMENT), de 24 000 watts (2000 volts et 12 ampères), et une dynamo excitatrice, type Δ, pouvant produire 3000 watts à pleine charge. Chacune de ces machines, avec son excitatrice et ses appareils accessoires, dessert une des deux villes. La tension secondaire est maintenue constante dans les deux villes par deux rhéostats automatiques avec égalisateur, donc sans fil de retour.

La fig. 1055 représente l'usine de Béconne : on voit qu'une installation de ce genre peut être réalisée fort simplement et ne demande qu'une petite construction, près de la chute utilisée, suffisante pour abriter les machines.

Les deux lignes, qui conduisent le courant à Dieulefit et à Valréas, sont complétement aériennes, tant au dehors des villes qu'en dedans, et formées de fils nus reposant sur des isolateurs en porcelaine.

La ligne de Dieulefit, qui est la plus courte, est constituée par un fil en bronze silicieux de 3,2 mm. de diamètre ; elle a une résistance de 11,8 ohms. Celle de Valréas est formée d'un câble de même substance, ayant 33 millimètres carrés de section et 16,1 ohms de résistance. Deux fils téléphoniques, posés sur les mêmes poteaux que les premiers conducteurs, assurent entre l'usine et les deux villes les communications nécessaires au service.



Fig. 1056. — Disposition des transformateurs Zipernowsky et des conducteurs dans les rues de Dieulefit. (Figure communiquée par MM. Ganz et Cie, de Budapest.)

Dans les villes, les conducteurs reposent le plus souvent sur des supports fixés au faîte des maisons et inaccessibles au public. Les réseaux ont des formes différentes, suivant la configuration des deux villes. A Valréas, qui présente presque la forme d'un cercle, la distribution a pu être faite en bouquet à partir d'un seul point central. Il n'en est pas de même à Dieulefit, qui s'étend tout en longueur sur une distance de 3 kilomètres environ.

Dans chacune de ces villes, le circuit primaire alimente des transformateurs secondaires, du système Zipernowsky, Déri et Blathy. Ces transformateurs sont placés dans des caisses en zinc sur des consoles en fonte, appliquées sur les murs extérieurs des maisons (fig. 1056). Dans les rues, les fils secondaires qui alimentent les lampes sont nus comme les conducteurs primaires ; dans les lanternes publiques et dans les installations privées, ils sont soigneusement isolés.



L'installation de Dieulefit comprend 115 lampes, dont 16 de 16 bougies pour l'éclairage public, 3 de même intensité et 55 de 10 bougies pour l'éclairage privé. La ville de Valréas possède 66 lampes de 16 bougies pour l'éclairage public et pour l'éclairage privé, 20 lampes de 5 bougies, 101 lampes de 10 bougies et 46 de 16 bougies, en tout 233 lampes.

Transmission à petite distance.

Lorsque la distance est petite, inférieure par exemple à quelques kilomètres, souvent même à quelques centaines de mètres, il est facile de constituer la ligne par du fil assez gros pour rendre très faible la perte d'énergie due à l'échauffement et d'isoler parfaitement ce conducteur. La plus grosse difficulté est ainsi supprimée, et la transmission électrique de l'énergie peut donner un meilleur rendement. C'est ainsi que cette transmission a pu être appliquée déjà aux tramways, bateaux, aérostats, aux machines-outils et appareils de levage, grues, cabestans, haveuses, ponts roulants, ponts tournants, ponts transbordeurs (Voy. Supplément), ventilateurs, etc. On trouvera à chacun de ces mots les renseignements relatifs à ces différentes applications.

Nous signalerons seulement ici l'emploi de la transmission électrique dans les mines, où les moteurs électriques, à cause de leur légèreté, de leur faible volume et de leur facile transport peuvent être d'un grand secours dans bien des cas. Citons notamment l'élévation des bennes, la traction des wagonnets (Voy. Tramway), la manœuvre des pompes d'épuisement, la ventilation, le forage des trous de mines (Voy. Haveuse), etc.

Dans les mines de Blanzy, on employa, dès 1881, deux machines Gramme pour actionner un ventilateur au puits Saint-Claude. Les travaux du puits s'étant trouvés arrêtés, les machines devinrent disponibles, et M. Graillot, ingénieur du puits Sainte-Élisabeth, songea à s'en servir pour un service de distribution d'eau, consistant à puiser l'eau de la Sorme et à la refouler à une distance de 290 mètres, à un niveau supérieur de 20 mètres. Les deux machines Gramme sont éloignées de 775 mètres, et la réceptrice actionne directement une pompe centrifuge de Dumont.

Les deux câbles de transmission sont seulement placés sur des poteaux télégraphiques et fixés par des chapeaux en bois. Le câble d'aller est formé de 7 fils de cuivre de 1,1 millimètre, entourés de toile goudronnée et de caoutchouc; celui de retour comprend trois torons de 4 fils de fer n° 12, de 1,8 millimètre de diamètre. Cette disposition a paru suffisante jusqu'à présent. La génératrice fait 1600 tours, la réceptrice 1200; la pompe fournit 5400 litres par heure. Le rendement n'a pas pu être mesuré exactement; mais, le matériel électrique existant déjà, les dépenses d'installation ont été à peu près nulles.

Dans la mine de Trafalgar, dans la forêt de Dean, l'électricité actionne une pompe d'épuisement à double action, munie d'un piston plongeur de 225 millimètres de diamètre et de 250 millimètres de course. La pompe fait 25 tours et le moteur qui la commande, du système Elwell Parker, 650 tours par minute.

La génératrice, du même système, est située à l'extérieur, près de l'entrée du puits, et donne 23 chevaux à la vitesse de 950 tours; elle est mue par une machine à vapeur de 30 chevaux.

Le courant est amené au moteur, situé sous terre, par un câble en cuivre de 1800 mètres, à enveloppe isolante, protégé dans le puits par des caisses en bois, et soutenu dans les galeries par des isolateurs en porcelaine. Le retour se fait par un vieux câble en fer fixé au guidage et aux poteaux. Le rendement de la transmission est de 60 p. 100; mais le rendement en eau élevée est seulement de 35 p. 100. Les frais sont d'environ 15 centimes par mètre cube d'eau, ce qui réalise une économie de 12000 francs par an.

Dans les mines de New-Stassfurt, en Allemagne, l'électricité actionne depuis 1885 une machine à molette pour l'extraction des sels de potasse. La génératrice est située hors de la mine, à 155 mètres environ du puits, qui a 360 mètres de profondeur. La réceptrice est à 40 mètres environ de l'extrémité inférieure: la distance est donc de 555 mètres. Les conducteurs sont en cuivre nu à l'extérieur; dans l'intérieur du puits et de la mine, ils sont isolés et protégés par une couverture en bois. La génératrice donne 370 volts et 22 ampères. La réceptrice a une vitesse de 1000 tours. Les deux machines sont compound et du système Siemens. Le rendement de la transmission électrique est d'environ 53 p. 100.

On trouvera à l'article Règlement le décret du 15 mai 1888, relatif à l'installation des conducteurs destinés à l'éclairage et à la transmission de l'énergie.

TRANSMISSION TÉLÉGRAPHIQUE SIMULTANÉE. — On donne ce nom à différents procédés qui permettent d'expédier simultanément

plusieurs dépêches par le même fil, soit dans le même sens, soit en sens contraire. Nous insisterons surtout sur la méthode duplex, qui est la plus employée.

Transmission duplex. — Procédé permettant d'envoyer par le même fil deux dépêches simultanées et de sens contraire, et qui consiste à faire passer le courant à la fois dans les deux récepteurs et à annuler son effet dans le récepteur du poste qui transmet, soit par une disposition convenable des communications, soit par le courant d'une autre pile. Les premières tentatives eurent lieu vers 1853. M. Siemens construisit vers la même époque un appareil donnant une solution mécanique de la question; mais la transmission duplex n'est réellement appliquée que depuis la découverte de la méthode différentielle, imaginée par M. Stearn. Cette méthode et celle du pont de Wheatstone sont les deux plus employées. Nous citerons encore celle de la bifurcation des bobines, celles de M. Tommasi, de M. Orduña, de MM. Brasseur et de Sussex.

Méthode différentielle. — La transmission duplex peut s'appliquer à tous les appareils. Nous prendrons comme exemple le télégraphe Morse.

Les deux postes sont identiques, mais ils font usage, l'un de courants positifs, l'autre de courants négatifs. Dans chacun d'eux, le récepteur, M par exemple, est muni d'un relais

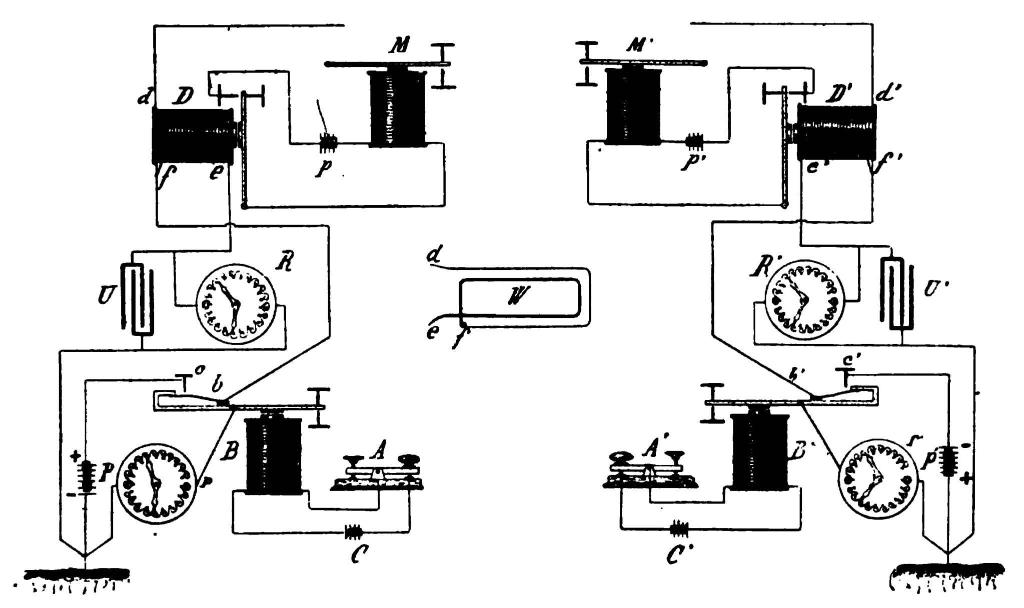


Fig. 1057. — Diagramme du système duplex par la méthode différentielle de Stearn.

différentiel, constitué par un électro-aimant D (fig. 1057), qui porte deux fils de même diamètre enroulés en sens inverse, de sorte que, si un même courant traverse simultanément les deux fils, le noyau ne prend aucune aimantation. Mais, si l'une des dérivations est rendue plus intense par le courant venant de l'autre poste, le relais s'aimante, la palette est attirée et ferme le circuit local de la pile *p* sur le récepteur M, qui trace un signal. Le diagramme W montre le mode d'enroulement des deux fils sur le relais D; on les a figurés par des traits inégaux pour les distinguer, mais en réalité ils sont identiques. L'entrée de l'un des fils *d* est en communication avec la ligne; sa sortie est rattachée en *f* à l'entrée du second, dont la sortie *e* communique avec un rhéostat R et l'une des armatures d'un condensateur U, mis à la terre par son autre armature.

En A est un manipulateur Morse ordinaire, mis en circuit avec une pile C et un relais transmetteur B. L'armature du relais B est portée par un levier dont l'autre extrémité se recourbe deux fois à angle droit, et qui est muni d'un ressort isolé à son point fixe *b* et s'appuyant d'autre part sur la partie recourbée du levier, quand l'armature est au repos.

Lorsqu'on appuie sur le manipulateur A, l'armature du relais B est attirée, et, l'autre extrémité du levier se soulevant, le contact *c* appuie sur le ressort *b* et l'isole de l'armature. Le courant de la pile de ligne P passe alors par *c*

ıètres). Les deux dernières sont mu
ɔndensateurs.

Méthode du pont de Wheatstone. — A l'
e la précédente, cette méthode permet
er sans aucune modification les récept
ɛs relais déjà existants. L'ensemble
es communications est établi comme
lans la méthode différentielle ; les
iles PP' sont encore montées en sens
ontraire ; mais le relais D ne porte
u'un seul fil ; de plus, il est placé
u centre d'un pont de Wheatstone
lont les quatre branches sont repré-
entées par les deux résistances *x*, *y*
ıg. 1058), le fil qui va à la terre en
assant par le rhéostat R, enfin la
gne et le poste correspondant. Le re-
ıis D forme le pont lui-même.

Lorsque le manipulateur A est abaissé, Fi
ɛ courant de la pile de ligne P arrive
n *f* comme on l'a vu plus haut; là il se bi
ue ; une partie traverse *y*, R et se perd d
e sol ; l'autre passe par *x*, par la ligne et ar
ı l'autre poste. Si les résistances sont bien
glées, aucun courant ne traverse le pont D.
le récepteur M ne fonctionne pas.

Le courant qui arrive par la ligne à l'au
station se divise à son tour; une partie traver
le relais D' et actionne le récepteur, puis va
la terre par *y'f'* et le relais transmetteur, q
est au repos ; l'autre passe directement par
et rejoint le premier en *f'*.

Tout se passe de même lorsque le manipula
teur A' transmet. Enfin, lorsque les deux ma-
nipulateurs sont abaissés en même temps, les
fractions de courants qui traversent les rhéos-
tats R et R' vont toujours se perdre à la terre ;
celles qui traversent les relais DD' s'ajoutent et
font marcher les deux récepteurs.

La méthode du pont de Wheatstone est géné-
ralement préférée à la méthode différentielle
pour les lignes sous-marines. On fait alors usage
de condensateurs, comme le montre la figure.
Nous avons indiqué plus haut l'utilité de ces
appareils. Citons notamment la ligne d'Aden à
Bombay (1827 milles marins).

Méthode de la bifurcation des bobines. — Cette
méthode est celle dont on se sert généralement
en France, où le système duplex est d'ailleurs
peu employé. La disposition est très simple et
ne nécessite aucun relais : il suffit que, dans
chaque récepteur, les deux bobines soient sen-
siblement d'égale résistance. La figure 1059
montre la manière d'établir les communica-
tions. Dans le poste M, le pôle positif de la

pile s'attache, comme d'ordinaire, à la borne P du manipulateur, mais la borne L de celui-ci est reliée au milieu de la culasse de l'électro-aimant du récepteur, tandis que la troisième borne A est mise à la terre.

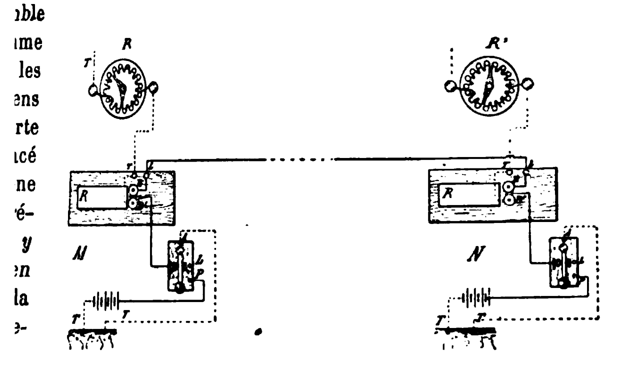


Fig. 1059. — Diagramme du système duplex par la bifurcation des bobines.

La borne L du récepteur communique, comme d'habitude, avec la ligne, et la borne T avec la terre par l'intermédiaire du rhéostat R, dont la résistance doit être égale à celle de la ligne et d'une des bobines du récepteur. Le poste N est disposé d'une manière identique.

Lorsque M transmet seul, le courant traverse le manipulateur par PL, et, arrivant à la culasse de l'électro-aimant, se partage en deux dérivations, dont l'une va à la terre par la bobine B′, la borne T et le rhéostat R, tandis que l'autre passe par la bobine B, la borne L, la ligne et arrive à l'autre poste. Les dérivations ayant même résistance, les deux courants ont même intensité et les bobines du récepteur de M prennent toutes deux une aimantation de même sens : il se forme par exemple deux pôles nord en haut et deux pôles sud en bas. L'armature n'est donc pas attirée, et le récepteur ne fonctionne pas.

Le courant qui traverse la ligne arrive au récepteur de N par la borne L, traverse la bobine B et trouve ensuite deux dérivations : l'une, formée de la bobine B′ et du rhéostat R′, est très résistante; l'autre, qui va à la terre par la borne L du manipulateur, le levier et la borne A, n'a qu'une résistance négligeable. Le partage se faisant en raison inverse des résistances, le courant presque tout entier passe par le manipulateur, et la bobine B′ n'en reçoit qu'une fraction extrêmement faible. La bobine B est donc seule aimantée et attire l'armature, de sorte que la molette imprime un signal.

Si le poste N transmet seul, tout se passe d'une manière analogue.

Enfin, lorsque les deux postes transmettent simultanément, la communication des manipulateurs à la terre par les bornes A est interrompue, mais les deux courants qui traversent la ligne sont de sens contraire et s'annulent. D'ailleurs la fraction du courant local qui traverse la bobine B' et le rhéostat aimante cette bobine et attire l'armature. C'est donc la bobine B qui produit l'impression lorsqu'un seul appareil travaille ; c'est la bobine B' lorsque les deux manipulateurs sont abaissés simultanément.

Méthode Tommasi. — Chaque poste est muni de deux piles, dont l'une a une force électromotrice double de celle de l'autre. Les deux courants traversent en sens contraire le récepteur du poste qui transmet et s'y annulent. Les piles de l'un des postes sont positives, celles de l'autre négatives. Chaque poste possède en outre une bobine de résistance et un appareil Morse ordinaire, dont le manipulateur seul est légèrement modifié. La borne L de ce manipulateur est reliée à la pile la plus forte, la borne P à la sortie du récepteur et à la ligne par l'intermédiaire de la résistance. La pile la plus faible communique avec une borne placée au-dessus de l'autre extrémité de la clef, tandis que la borne marquée A (fig. 1059) est reliée au sol. Au repos, les deux piles sont donc isolées. Lorsqu'on appuie sur le manipulateur, on rompt le contact de la terre en A, et l'on fait

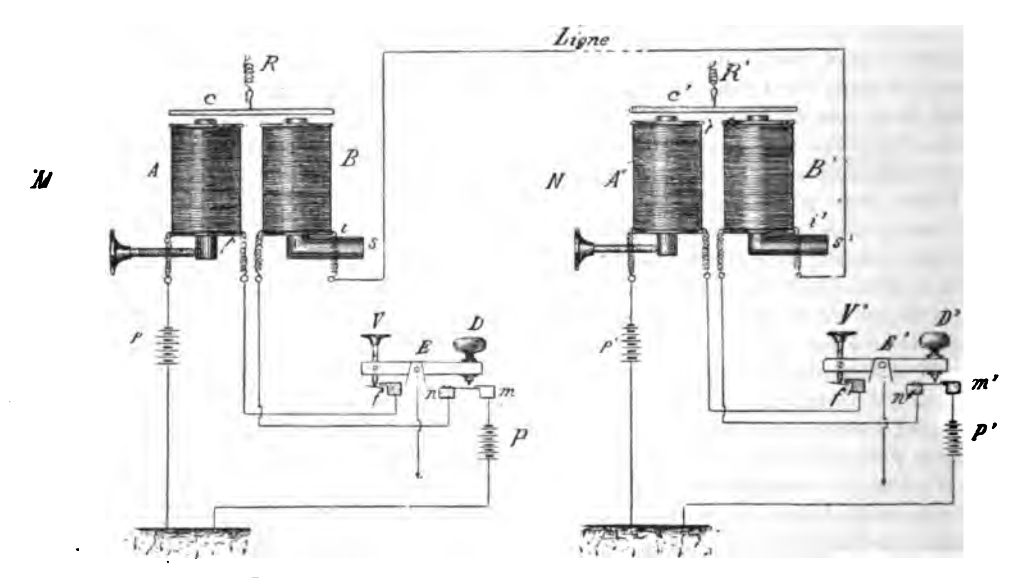


Fig. 1060. — Diagramme du système duplex par la méthode Orduña.

communiquer, par une pièce accessoire, la pile faible avec l'entrée du récepteur. D'autre part, on met la pile forte en rapport avec la sortie du même récepteur par les bornes LP et la résistance. Si cette résistance est convenablement choisie, les deux courants se neutralisent et le récepteur ne fonctionne pas. Dans la ligne, au contraire, les dérivations provenant des deux piles s'ajoutent. Arrivé à l'autre poste, ce courant traverse le récepteur, qu'il actionne, et se rend à la terre par la pièce accessoire du manipulateur et la borne A.

Quand les deux postes transmettent simultanément, tout se passe de même. Les effets des deux piles s'annulent toujours dans le poste transmetteur et s'ajoutent dans l'autre. Le courant qui fait fonctionner un récepteur arrive encore à la pièce accessoire du manipulateur; mais, cette pièce n'étant plus en contact avec la borne A, il se bifurque et va à la terre en traversant les deux piles.

Méthode Orduña. — Chaque poste possède encore deux piles, mais elles sont toutes quatre positives. Dans chaque récepteur, l'une des bobines, B ou B', est polarisée par le contact d'un aimant permanent; mais le ressort R ou R' empêche l'attraction de l'armature (fig. 1060). Les signaux sont produits soit par la suraimantation des bobines BB', soit par l'aimantation des bobines AA' ; dans les deux cas, l'attraction est augmentée et devient assez forte pour vaincre l'action antagoniste des ressorts RR'.

Les deux postes sont identiques : les deux bobines de chaque récepteur sont complète-

ment distinctes, et les enclumes des manipulateurs sont modifiées. En M par exemple, l'enclume antérieure est formée de deux pièces *mn*, réunies au repos par un ressort fixé à cette dernière. La première *m* est reliée au pôle positif de la pile de ligne P. La pièce *n* est en rapport avec l'entrée de la bobine polarisée B, dont la sortie communique avec la ligne. L'enclume postérieure est formée d'une pièce munie d'un ressort *f* et reliée à l'entrée de la bobine A, dont la sortie aboutit au pôle positif de la pile locale *p*. Cette pièce est disposée de telle sorte que le ressort *f* la met en contact avec la vis V quand on appuie sur le bouton D du manipulateur. Au repos, ce contact n'a pas lieu et la pile *p* est isolée. Les massifs EE′ des deux manipulateurs sont à la terre, ainsi que les pôles négatifs des quatre piles. On voit qu'au repos les deux piles de ligne PP′ sont en circuit fermé, mais leurs courants traversent la ligne et les bobines BB′ en sens contraire et s'annulent. Les récepteurs ne fonctionnent pas.

Lorsqu'on appuie sur l'un des manipulateurs, E par exemple, le bouton D rompt le circuit de P entre *m* et *n*, en appuyant sur le ressort. La pile P est alors reliée au sol par DE; la ligne et les bobines BB′ ne reçoivent plus que le courant de la pile P′. Dans la bobine B′, ce courant a un sens tel qu'il produit une suraimantation, capable de vaincre la résistance du ressort R′; l'armature *c′* est attirée et le récepteur fonctionne. En B, au contraire, ce courant produit une désaimantation. Il est vrai que la manœuvre du manipulateur a fermé le circuit de la pile *p* sur la bobine A; mais il est facile de régler l'appareil pour que l'aimantation de cette bobine ne suffise pas à attirer l'armature *c*; le récepteur reste donc immobile.

Il en est de même si le poste N transmet seul.

Si les deux postes transmettent en même temps, les circuits des deux piles PP′ sont rompus aux deux manipulateurs; les bobines BB′ continuent donc à attirer les armatures *cc′* avec la même force, puisque les deux courants supprimés s'annulaient. D'autre part, les courants des piles locales *pp′* traversent les bobines AA′, dont l'attraction s'ajoute à celle des noyaux polarisés de BB′. La somme des deux attractions est suffisante pour attirer les palettes, et les deux récepteurs fonctionnent.

Le réglage se fait en rapprochant ou éloignant les bobines AA′ des bobines polarisées BB′ au moyen de vis et de crémaillères.

Méthode Brasseur et de Sussex. — Comme les précédentes, cette méthode n'exige ni relais ni condensateurs. Les communications sont établies comme dans la méthode de bifurcation des bobines. Chaque poste n'a qu'une pile, mise à la terre par son pôle négatif, et reliée par le pôle positif à la borne P du manipulateur, dont la borne L communique avec le milieu de la culasse du récepteur et la borne extrême avec le sol. La modification consiste dans l'addition, au-dessus de la palette *pp′*, d'un second électro-aimant, dont les noyaux

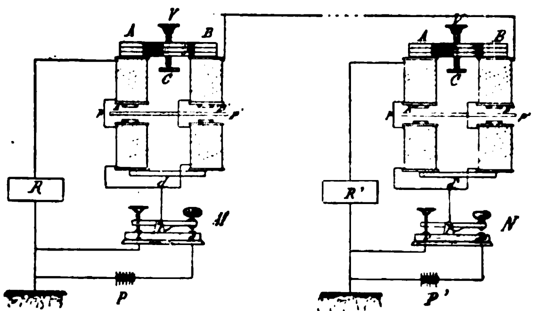


Fig. 1061. — Diagramme du système duplex par la méthode Brasseur et de Sussex.

sont polarisés par l'aimant permanent AB, de sorte qu'on ait un pôle nord en A′, un pôle sud en B′. Le réglage se fait à l'aide des vis V. Au repos, la palette *pp′* reste collée aux pôles A′B′. Dans les deux électro-aimants du même poste, les bobines superposées sont réunies ensemble; celles de gauche sont en outre reliées à la terre par l'intermédiaire d'un rhéostat R, celles de droite à la ligne.

Quand le poste M transmet seul, le courant de la pile *p* passe par le manipulateur, arrive en *d* et se bifurque; l'une des dérivations traverse les bobines de gauche, le rhéostat R et se perd dans le sol. L'autre se rend à la ligne par les bobines de droite. Ces courants déterminent par exemple deux pôles nord au sommet des bobines du récepteur, et deux pôles sud au bas des bobines de l'électro-aimant polarisé. Les actions de ces quatre pôles se neutralisent et n'ont aucun effet sur la palette *pp′*. Celle-ci reste donc adhérente aux pôles A′B′.

Le courant qui arrive en N traverse d'abord les bobines de droite, puis se divise en *d′*; une partie extrêmement faible traverse les bobines de gauche et le rhéostat R′ et ne produit qu'un effet négligeable; la plus grande partie va directement à la terre par le manipulateur N. Dans les bobines de droite, le courant déter-



mine en B' un pôle nord qui annule l'attraction du noyau polarisé et aimante l'électro inférieur, qui se comporte comme un électro-aimant boiteux et attire l'armature *pp'*. Le récepteur fonctionne donc.

Lorsque le poste N transment seul, tout se passe de même.

Si les deux postes travaillent en même temps, les deux courants de ligne sont de sens contraire et s'annulent. Ce sont les courauts locaux, traversant les bobines de gauche, qui produiseut l'attraction. Les rhéostats RR' sont formés chacun de trois bobines d'inégale résistance, que l'on emploie selon l'état de l'atmosphère, et qui sont marquées : « Temps très sec, » « Temps ordinaire, » « Dégel ou mauvais temps. » Pour des lignes d'environ 100 kilomètres, la première bobine doit avoir une résistance de 1800 à 1900 unités, la seconde de 1500 unités et la dernière d'environ 1150 unités. Chaque poste exige alors 10 à 20 éléments Leclanché, suivant l'état de l'atmosphère.

Transmission diplex ou biplex. — Ce mode de transmission consiste à envoyer deux dépêches à la fois dans le même sens. La meilleure solution consiste à faire usage d'appareils à transmissions multiples (Voy. Télégraphe). On peut encore se servir de courants alternativement positifs et négatifs et de récepteurs fonctionnant seulement, l'un sous l'action des premicrs, l'autre sous celle des seconds. Dans d'autres systèmes, on a plusieurs piles d'intensité différente et des récepteurs qui ne fonctionnent que sous l'action de combinaisons déterminées de ces piles. M. Boscha à Leyde et M. Stark à Vienne ont donné les premières solutions du problème. M. Sieur a imaginé aussi plusieurs systèmes.

Transmission quadruplex. — Mode de transmission qui permet d'envoyer quatre dépêches simultanément dans le même fil, deux dans un sens et deux dans l'autre. C'est une combinaison des deux systèmes duplex et diplex.

M. Preece se sert d'un courant continu dont on change le sens et dont on fait varier l'énergie. On emploie en outre deux relais fonctionnant, l'un par les changements de sens du courant, l'autre par les variations d'intensité. Les uns sont analogues aux relais différentiels de Stearn, les autres sont des relais polarisés de Siemens, décrits à l'article Relais.

Le système quadruplex s'applique aux télégraphes imprimeurs comme aux appareils Morse. Il est employé notamment en Angleterre, entre Londres et Liverpool, et en Amérique, de New-York à Boston et de New-York à Washington.

Transmission multiplex. — Mode de transmission permettant d'expédier plusieurs dépêches simultanément, dans le même sens ou en sens contraire. On emploie généralement pour cela les appareils à transmissions multiples décrits plus haut (Voy. Télégraphe).

Cependant un inventeur de Chicago, M. Jones, a imaginé un appareil pour la transmission sextuple, qui permet de lancer à la fois trois dépêches dans un sens et trois dans l'autre.

« Les organes de manipulation consistent en trois manipulateurs, agissant en local sur trois relais, ouvrant ou fermant le circuit de trois piles d'intensité différente, dont les actions peuvent s'ajouter; les forces électromotrices de ces piles peuvent être représentées par exemple par 1,2,4; un commutateur inverseur sert à changer le sens des courants envoyés sur la ligne.

« Cet arrangement permet de mettre en jeu huit combinaisons de courants, différant par leur sens ou par leur densité, savoir : quatre courants positifs inégaux en énergie, quatre courants négatifs de force dissemblable. Un commutateur rond a en outre pour objet de mettre à votonté la ligne à la terre, à travers une résistance égale à celle du circuit des piles dans l'intérieur du poste.

« Les organes de réception consistent en trois parleurs, dont l'emploi est général en Amérique, et qui, ici, sont actionnés par différents relais. Le premier fonctionne par l'intermédiaire d'un relais polarisé Siemens toutes les fois que les courants sont renversés. Les deux autres obéissent à des relais non aimantés, fonctionnant sous l'influence de courants positifs ou négatifs, mais dont les ressorts antagonistes sont gradués de telle sorte qu'il faut une intensité égale à 5, par exemple, pour attirer l'armature du dernier relais, tandis que 3 et 1 sont suffisants pour agir respectivement sur les deux premiers relais. Les palettes attirées par ces différents relais ferment des circuits locaux à travers un relais différentiel et un relais ordinaire; là, les courants locaux s'annulent et laissent les relais inactifs, ou bien s'ajoutent et les font fonctionner. Les deux parleurs, montés également dans un circuit local dont font partie à titre d'interrupteurs les palettes de ces relais, frappent les signaux ou restent muets suivant que les palettes des relais sont attirées ou non.

« Un condensateur placé sur le trajet du fil de ligne se décharge dans les relais au moment

des inversions de courant, et empêche ainsi les palettes des relais de se mouvoir jusqu'à l'arrivée d'une nouvelle émission. » (MONTILLOT, *La télégraphie actuelle*.)

TRANSMISSION TÉLÉGRAPHIQUE ET TÉLÉPHONIQUE SIMULTANÉES. — Procédé permettant d'échanger simultanément, par le même fil, dans le même sens ou en sens contraire, des communications télégraphiques et téléphoniques. M. Van Rysselberghe et M. Maiche ont indiqué des solutions de ce problème. (Voy. TÉLÉPHONIE PAR LES FILS TÉLÉRGAPHIQUES.)

TRANSMISSION TÉLÉPHONIQUE SIMULTANÉE. — Procédé permettant d'échanger simultanément, par le même fil, dans le même sens ou en sens inverse, plusieurs communications téléphoniques.

M. Tommasi a proposé un système fondé sur la persistance auditive. L'expérience montre qu'un son continue à être perçu par l'oreille environ $\frac{1}{32}$ de seconde après qu'il a cessé de se faire entendre. Donc, si l'on produit dans un circuit téléphonique des interruptions inférieures à $\frac{1}{32}$ de seconde, la communication ne sera nullement gênée. S'appuyant sur ce principe, M. Tommasi propose de placer aux deux extrémités de la ligne deux distributeurs parfaitement synchrones, et formés d'un balai tournant sur un disque divisé en secteurs isolés, réunis chacun à l'un des appareils destinés à la transmission simultanée. Tous ces appareils seraient d'autre part en communication permanente avec le second fil de ligne. Le balai devrait faire au moins 32 tours par seconde, soit environ 2000 tours par minute. L'expérience permettrait peut-être de réduire cette vitesse, qui est considérable.

M. Maurice Leblanc a proposé également deux systèmes, dont l'un repose encore sur l'emploi de distributeurs isochrones; l'autre fait usage de diapasons vibrant assez rapidement pour ne pas donner de sons perceptibles. Ces divers procédés n'ont pas encore reçu le contrôle de l'expérience.

TRANSPORT ÉLECTRIQUE DE LA FORCE. — Voy. TRANSMISSION ÉLECTRIQUE DE L'ÉNERGIE.

TRAVAIL. — On sait qu'en mécanique on appelle travail d'une force le produit de l'intensité F de cette force par le chemin *e* parcouru par son point d'application, si ce point se meut dans la direction même de la force. Si au contraire la force fait un certain angle α avec cette direction, le travail est le produit du chemin parcouru par la projection de la force sur ce chemin

$$T = Fe \cos \alpha.$$

Unité de travail. — On se sert souvent dans la pratique du *kilogrammètre*, qui est le travail nécessaire pour élever 1 kilogramme à 1 mètre de hauteur.

Dans le système C.G.S., l'unité de travail est l'*erg*, c'est-à-dire le travail produit par une force d'une dyne dont le point d'application se déplace de 1 centimètre. Le kilogrammètre vaut 981×10^5 ergs (Voy. UNITÉS).

Travail électrique. — Il est généralement impossible de déplacer une masse électrique dans un champ sans que les forces électriques produisent un certain travail, positif ou négatif. Il est évident que, si l'on transporte une masse déterminée d'un point A à un autre point B, le travail électrique dépend uniquement de la position de ces deux points et nullement du chemin suivi; car, s'il en était autrement, on pourrait, en faisant circuler une masse électrique entre ces deux points par deux chemins différents, produire une quantité indéfinie de travail sans une dépense équivalente, ce qui est contraire au principe de la conservation de l'énergie.

Si l'on déplace une masse électrique M le long d'une surface de niveau, le travail électrique est nul, car la force est constamment perpendiculaire à la trajectoire. Le travail est donc constant lorsqu'on transporte cette masse d'un point quelconque de la surface de potentiel V_1 à un point quelconque de la surface de potentiel V_2.

Il a pour expression

$$M(V_1 - V_2).$$

Pour la même raison, le travail correspondant au déplacement d'une masse électrique depuis un point P du champ jusqu'à un point quelconque de la surface d'un conducteur est constant.

On voit donc que le travail électrique, comme celui de la pesanteur, se présente sous la forme d'un produit de deux facteurs : la masse électrique, qui correspond à la masse du corps qui tombe, et la différence de potentiel, qui correspond à la hauteur de chute.

Travail d'un courant. — Le travail d'un courant se présente encore sous une forme analogue. Le travail correspondant au circuit entier est égal au produit de la quantité d'électricité qui traverse le circuit par la force électromotrice.

ur un bouton, on lance dans l'électro le cou-
ant de neuf éléments Leclanché. L'armature
st attirée, le treuil tourne et le rideau des-
end. Un volant sert à régulariser le mouve-
ment. On peut placer des boutons en divers en-
droits du théâtre, de façon que la manœuvre
puisse être commandée de ces différents points.

TRICYCLE ÉLECTRIQUE. — Tricycle mû par
l'électricité; application de la traction électri-
que. Dans ce cas particulier, le véhicule, devant
se mouvoir sur les routes ordinaires, porte



Fig. 1062. — Tri

mettre en marche ou de modifier suivant les
besoins le nombre des accumulateurs interca-
lés dans le circuit. Enfin, le soir, les accumu-
lateurs fournissent également la lumière et ac-
tionnent une lampe à incandescence munie
d'un réflecteur et placée à l'avant.

TRIEUR MAGNÉTIQUE. — Il existe un cer-
tain nombre d'appareils destinés à séparer les
limailles magnétiques de celles qui ne le sont
pas en utilisant l'attraction des aimants. Nous
avons décrit au mot ÉLECTRO-TRIEUSE les ma-
chines munies d'électro-aimants, comme le sé-
parateur magnétique d'Edison. D'autres por-

sur un bouton, on lance dans l'électro le courant de neuf éléments Leclanché. L'armature est attirée, le treuil tourne et le rideau descend. Un volant sert à régulariser le mouvement. On peut placer des boutons en divers endroits du théâtre, de façon que la manœuvre puisse être commandée de ces différents points.

TRICYCLE ÉLECTRIQUE. — Tricycle mû par l'électricité; application de la traction électrique. Dans ce cas particulier, le véhicule, devant se mouvoir sur les routes ordinaires, porte avec lui sa source d'électricité. On est donc réduit à employer les piles ou les accumulateurs. C'est généralement à ces derniers que les constructeurs ont donné la préférence. Ils sont disposés sur une planchette à la partie inférieure (fig. 1062) et actionnent un moteur dissimulé sous le siège. Ce moteur met en marche une des deux grandes roues, celle de gauche, par l'intermédiaire d'un pignon et d'une roue dentée. Un commutateur placé à portée de la main permet d'arrêter le tricycle, de le

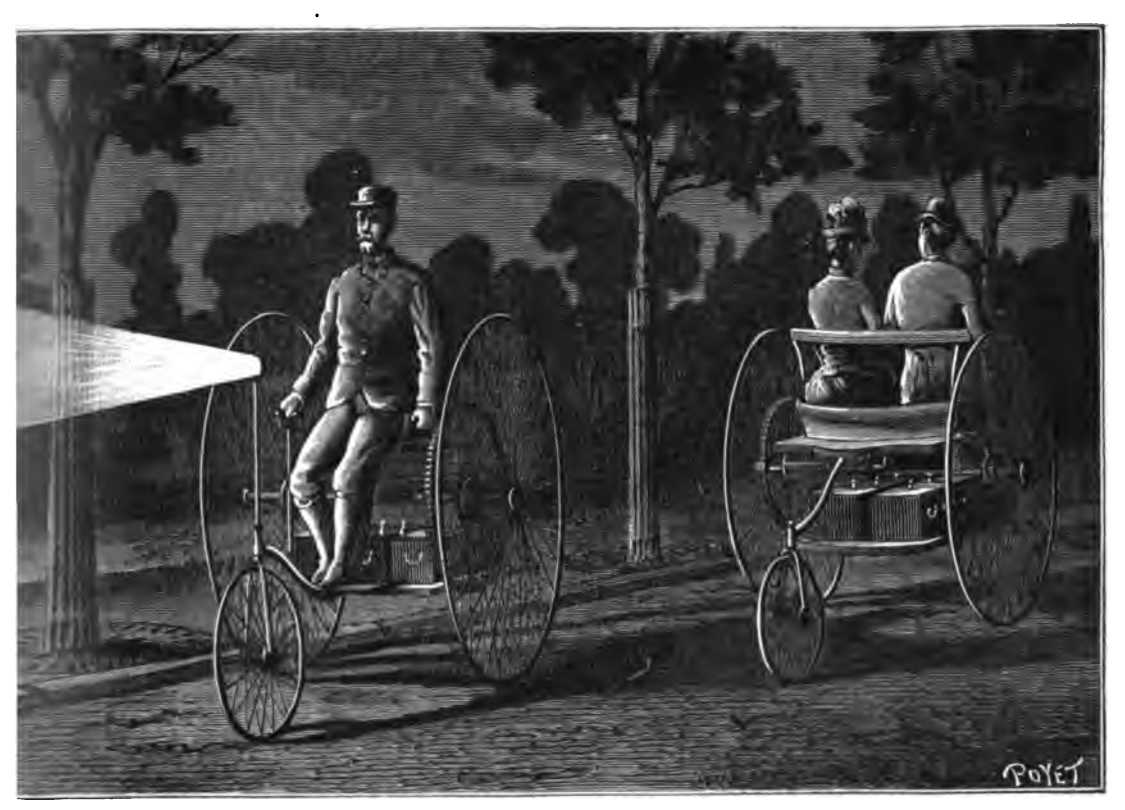


Fig. 1062. — Tricycles électriques.

mettre en marche ou de modifier suivant les besoins le nombre des accumulateurs intercalés dans le circuit. Enfin, le soir, les accumulateurs fournissent également la lumière et actionnent une lampe à incandescence munie d'un réflecteur et placée à l'avant.

TRIEUR MAGNÉTIQUE. — Il existe un certain nombre d'appareils destinés à séparer les limailles magnétiques de celles qui ne le sont pas en utilisant l'attraction des aimants. Nous avons décrit au mot ÉLECTRO-TRIEUSE les machines munies d'électro-aimants, comme le séparateur magnétique d'Edison. D'autres portent au contraire des aimants permanents.

Tel est le trieur magnéto-mécanique de M. Vavin (fig. 1063). La limaille, les riblons gros ou petits sont placés dans une trémie E, d'où ils tombent sur un plan incliné F, doué d'un mouvement oscillatoire latéral, qui les distribue uniformément sur l'appareil chargé du triage. Cet appareil comprend deux cylindres A et B superposés, tournant dans le même sens, et dont la surface est formée de bandes en fer doux *ccc*, séparées par des bandes de cuivre *ooo*. Chaque lame de fer est en contact avec une série d'aimants enchevêtrés *aaa*, dont les branches

TROMPETTE ÉLECTRIQUE. — En plaçant de grands condensateurs dans le circuit de téléphones Gower, M. Herz a pu obtenir des sons assez intenses pour être entendus dans une grande salle.

U

UNIPOLAIRE (Machine). — Machine d'induction dont les courants sont produits par la rotation d'un disque de cuivre dans un champ magnétique ou par celle d'un cylindre de cuivre autour d'un pôle d'aimant ou d'électro-aimant qu'il enveloppe.

UNIPOLARITÉ. — Si l'on place les deux électrodes d'une pile dans une flamme communiquant avec le sol, on observe sur l'une des deux électrodes une perte de potentiel. Ohm a attribué ce fait à un dépôt de substances isolantes produit par la flamme sur cette électrode.

UNITÉS ÉLECTRIQUES ET MAGNÉTIQUES. — Les unités dont on se sert actuellement pour les mesures électriques et magnétiques sont empruntées au système d'unités absolues établi en 1881 par le Congrès international des électriciens ; avant de les indiquer, nous croyons utile de résumer les principes fondamentaux de ce système.

Unités absolues. — Mesurer une grandeur, c'est chercher combien de fois elle contient une autre grandeur de même espèce, prise comme *unité*. Si l'on veut mesurer des grandeurs d'espèce différente, qui ne soient liées entre elles par aucune relation, on peut faire choix d'unités indépendantes, n'ayant aucun rapport entre elles, pourvu que chaque unité puisse toujours être reproduite identique à elle-même. C'est ainsi qu'on mesurait autrefois les longueurs à l'aide de la toise, les surfaces au moyen de la perche des eaux et forêts, les volumes avec le setier, unités qui n'ont rien de commun.

Mais l'expérience a montré que les grandeurs de nature différente sont généralement liées par certaines relations, qui se traduisent par des formules algébriques. Ainsi nous avons vu que les actions électriques (Voy. ce mot) sont proportionnelles au produit des masses m

Trompette Zigang. — Voy. SONNERIE ÉLECTRIQUE.

TUBE DE FORCE. — Voy. FORCE ÉLECTRIQUE.

TUBE DE GEISSLER. — Voy. GEISSLER (TUBE DE).

et m' des deux points électrisés, et en raison inverse du carré de leur distance d

$$f = k \frac{mm'}{d^2};$$

k est un coefficient numérique qui représente la force exercée entre deux masses électriques égales à 1 et placées à l'unité de distance. La valeur de ce coefficient dépend évidemment des unités choisies pour mesurer les grandeurs qui entrent dans cette formule, et par suite on peut, en choisissant convenablement ces unités, rendre ce coefficient égal à 1, ce qui simplifie la formule. Il suffit pour cela de prendre comme unité de force la force qui s'exerce entre deux masses électriques égales à 1, situées à l'unité de distance, ou, ce qui revient au même, prendre comme unité de quantité d'électricité la quantité qui agit sur une quantité égale, à l'unité de distance, avec l'unité de force adoptée.

Lorsqu'on établit un système d'unités, on peut ainsi obtenir que les cofficients numériques se réduisent à 1 dans un certain nombre de formules; on choisira évidemment les formules les plus importantes.

Tout système de mesures faites avec des unités telles que les coefficients se réduisent à 1 dans les principales formules employées est appelé *système de mesures absolues*. Le système métrique en fournit un bon exemple. En prenant le mètre, le mètre carré et le mètre cube comme unités de longueur, de surface et de volume, on a rendu les cofficients égaux à 1 dans les formules qui donnent la surface d'un rectangle ou le volume d'un parallélipipède rectangle.

Unités fondamentales et unités dérivées. — Le nombre des relations algébriques qu'on peut établir entre les unités de différente nature est généralement inférieur au nombre de ces unités, de sorte qu'il est nécessaire de choisir ar-

bitrairement un certain nombre d'entre elles; ce sont les *unités fondamentales*. On comprend que leur nombre devra être aussi restreint que possible. Ces unités bien définies, on détermine la valeur des autres, qui sont appelées *unités dérivées*, de manière à rendre égaux les coefficients des relations algébriques les plus importantes, comme nous l'avons expliqué plus haut. La relation qui sert à fixer la valeur d'une unité dérivée est la *formule de définition* de cette unité.

Il résulte de là que, dans un système de mesures absolues, les coefficients deviennent égaux à 1 seulement dans les formules de définition. Dans les autres équations, ces coefficients sont généralement simples et leur valeur représente ordinairement une loi. Ainsi la surface d'un triangle équilatéral de côté a a pour expression

$$S = \frac{\sqrt{3}}{4} a^2.$$

Le coefficient $\frac{\sqrt{3}}{4}$ exprime que la surface de ce triangle est à celle d'un carré de même côté dans le rapport $\frac{\sqrt{3}}{4}$.

Il est clair qu'on pourrait établir, par exemple pour les mesures usitées en physique, plusieurs systèmes de mesures absolues, qui différeraient soit par la nature des unités fondamentales, soit par les dimensions de ces unités (ainsi on peut prendre comme unité de longueur le mètre, le centimètre, etc.), soit enfin par le choix des formules de définition des unités dérivées. Ainsi, l'unité de longueur étant fixée, on peut prendre comme unité de surface celle d'un carré de côté égal à 1, ou celle d'un triangle équilatéral de même côté, etc.

Dimensions des unités dérivées. — Les unités dérivées changent évidemment de valeur quand on modifie la grandeur des unités fondamentales. Ainsi l'unité de surface devient dix mille fois et l'unité de volume un million de fois plus grande, lorsqu'on prend pour unité de longueur le mètre au lieu du centimètre.

L'unité de vitesse se définit à l'aide de la formule

$$e = vt.$$

Elle dépend donc des unités de temps et de longueur. Si l'on modifie ces deux unités, l'unité de vitesse variera en raison directe de l'unité de longueur et en raison inverse de l'unité de temps. Si l'on désigne d'une manière générale par L et T ces deux unités, l'unité de vitesse varie proportionnellement à $\frac{L}{T}$ ou à LT^{-1}. Ce produit représente ce qu'on nomme les *dimensions* de l'unité de vitesse. C'est le produit des puissances des unités fondamentales qui entrent dans l'expression algébrique de cette unité.

Unités pratiques. — Dans un système de mesures absolues, on choisit généralement les unités fondamentales de façon qu'elles conviennent pour la pratique; mais il peut arriver qu'il n'en soit pas de même pour les unités dérivées, qui peuvent se trouver trop grandes ou trop petites. Ainsi, dans le système que nous allons décrire, les unités de travail et de résistance électrique sont beaucoup trop petites pour la pratique, tandis que l'unité de capacité est beaucoup trop grande.

On évite cet inconvénient en faisant choix d'une *unité secondaire* ou *unité pratique*, qui est égale à l'unité absolue correspondante, multipliée ou divisée par une puissance de 10 convenablement choisie; les unités pratiques reçoivent généralement des noms spéciaux.

Enfin, si cela ne suffit pas, on peut encore employer des multiples des unités précédentes dix, cent, mille ou un million de fois plus grands que ces unités, et qu'on désigne à l'aide des préfixes *déca*, *hecto*, *kilo*, *méga*, et des sous-multiples dix, cent, mille ou un million de fois plus petits et qu'on désigne par les préfixes *déci*, *centi*, *milli*, *micro*.

Système d'unités absolues C.G.S.

Gauss a proposé le premier un système d'unités magnétiques fondées sur l'emploi du millimètre, de la masse du milligramme et de la seconde.

En 1861, l'Association Britannique proposa un nouveau système, dont l'emploi fut ratifié en 1881 par le Congrès international des électriciens, et qui est maintenant adopté d'une façon générale.

Unités fondamentales. — Dans ce système, les unités fondamentales sont au nombre de trois, qui sont les unités de longueur, de masse et de temps.

L'unité de longueur est le *centimètre*, c'est-à-dire la centième partie de la longueur à 0° de l'étalon prototype en platine du mètre, conservé aux Archives de Paris depuis le 4 messidor an VII. C'est une unité arbitraire, mais parfaitement définie.

L'unité de masse est la masse du gramme, c'est-à-dire la millième partie de la masse de

l'étalon prototype en platine du kilogramme, déposé aux Archives.

L'unité de temps est la *seconde*, c'est-à-dire $\frac{1}{24 \times 60^2}$ du jour solaire moyen.

A cause du choix de ces trois unités fondamentales, ce système de mesures absolues est généralement désigné sous le nom de système C.G.S.

Unités dérivées. — A l'aide de ces trois unités fondamentales, on a pu définir toutes les autres ; nous allons indiquer leurs valeurs, en commençant par les unités relatives à la mécanique.

Unité de vitesse. — C'est la vitesse d'un mobile, animé d'un mouvement uniforme, qui parcourt 1 centimètre par seconde.

La formule de définition est la loi bien connue du mouvement uniforme

$$e = vt.$$

En désignant par L et T les unités fondamentales de longueur et de temps, les dimensions de l'unité de vitesse sont LT^{-1}.

Unité d'accélération. — C'est l'accélération d'nn mobile animé d'un mouvement uniformément accéléré dans lequel la vitesse augmente d'un centimètre par seconde.

La formule de définition est la loi des vitesses

$$v = \gamma t \quad \text{ou} \quad \gamma = \frac{v}{t}.$$

En se reportant aux dimensions de l'unité de vitesse, on voit que celles de l'unité d'accélération sont LT^{-2}.

L'intensité de la pesanteur à Paris vaut 980,96 unités C.G.S.

Unité de force. — C'est la force constante capable d'imprimer l'unité d'accélération à un mobile ayant l'unité de masse. Cette unité a reçu le nom de *dyne* (de δύναμις, force).

La formule de définition est

$$f = m\gamma.$$

En désignant par M l'unité de masse, les dimensions de l'unité de force sont

$$LMT^{-2}.$$

L'intensité de la pesanteur étant 980,96, il s'ensuit que le *poids* d'un gramme est capable d'imprimer à l'unité de masse une accélération égale à 980,96 unités C.G.S. ; ce poids vaut donc 980,96 dynes, et par suite une dyne vaut un peu plus d'un milligramme.

Unité de travail. — C'est le travail produit par l'unité de force déplaçant son point d'application d'un centimètre dans sa propre direction. La formule de définition est

$$w = fe.$$

Les dimensions de l'unité de force sont L^2MT^{-2}.

Cette unité a reçu le nom d'erg (de ἔργον, travail), Elle est très petite, puisqu'elle représente à peu près le travail produit par un milligramme tombant d'un centimètre.

On emploie souvent le *mégerg*, qui vaut 1 million d'ergs ou 10^6 ergs. Le kilogrammètre vaut

$$980{,}96 \times 10^3 \times 10^2 \text{ ergs},$$

ou 98,096 mégergs. Une unité pratique valant 100 mégergs, et par suite un peu plus grande que le kilogrammètre, conviendrait pour la pratique.

Pour le travail électrique, on emploie le *joule*, que nous définissons plus loin, et qui vaut environ un dixième de kilogrammètre.

Unité de puissance. — C'est la puissance d'un moteur qui produit un erg en une seconde. La formule de définition est

$$w = jt,$$

j étant la puissance du moteur qui produit un travail w dans le temps t.

Les dimensions de l'unité de puissance sont L^2MT^{-3}.

Cette unité est extrêmement petite, car c'est à peu près la puissance capable d'élever un milligramme d'un centimètre en une seconde. Le cheval-vapeur, qui correspond à un travail de 75 kilogrammètres par seconde, vaut donc

$$75 \times 98{,}096 \times 10^6 = 0{,}73572 \times 10^{10} \text{ unités C. G. S.}$$

Ici encore il conviendrait d'adopter une unité pratique valant 10^{10} unités C.G.S., et par conséquent un peu plus grande que le cheval-vapeur.

Ces deux unités secondaires de puissance et de travail n'ayant pas été encore adoptées, on continue à se servir fréquemment dans la pratique du kilogrammètre et du cheval-vapeur. Pour les mesures électriques seulement, on a fait choix des unités pratiques que nous indiquons plus loin.

Unités électriques et magnétiques.

Les principales grandeurs que l'on considère en électricité sont la quantité d'électricité, l'intensité de courant, la résistance, la force élec-

tromotrice, la capacité et la quantité de magnétisme.

Ces diverses grandeurs sont liées par un certain nombre de relations. Ainsi l'on a la relation suivante entre l'intensité I et la quantité d'électricité Q qui traverse le circuit en un certain temps

$$Q = It.$$

La loi d'Ohm (Voy. COURANT) donne

$$I = \frac{E}{R},$$

et la loi de Joule (Voy. ÉCHAUFFEMENT)

$$W = JQ = I^2Rt.$$

D'autre part, la capacité est liée à la quantité d'électricité par

$$Q = CE.$$

Enfin les phénomènes magnétiques se rattachent aux phénomènes électriques par la loi d'Ampère : l'action d'un courant fermé est identique à celle d'un feuillet magnétique de même contour et dont la puissance magnétique est égale à l'intensité électromagnétique du courant (Voy. ELECTRODYNAMIQUE). Si Φ est la puissance du feuillet,

$$I = \Phi.$$

Pour établir un système de mesures électriques en rapport avec les unités mécaniques indiquées plus haut, il faut prendre comme point de départ une grandeur électrique qui puisse être exprimée en unités mécaniques. Trois grandeurs satisfont à cette condition, la quantité d'électricité, la quantité de magnétisme, et l'intensité de courant. Les deux premières s'obtiennent par la loi de Coulomb, appliquée soit aux masses électriques, soit aux masses magnétiques; la troisième se déduit de la loi d'Ampère, relative à l'action mutuelle de deux courants. En considérant deux courants parallèles, d'intensité i, l'un indéfini, l'autre de longueur l, situés à la distance d, la formule (page 249) se réduit à

$$f = \frac{i^2 l}{d^2};$$

d'où l'on peut définir i en faisant les autres quantités égales à 1. De là trois systèmes complètement différents et incompatibles; le premier est appelé *système électrostatique*, le second est dit *système électromagnétique*, le troisième est le *système électrodynamque*. En théorie, ces trois systèmes se valent, et il n'y a aucune raison pour préférer l'un à l'autre. En pratique, le second système est généralement préféré, à cause de l'emploî fréquent des galvanomètres et du peu d'applications des phénomèmes électrostatiques. Le troisième n'est pas employé.

Nous allons exposer successivement les deux premiers systèmes : pour éviter toute confusion, nous désignerons les diverses grandeurs par des petites lettres dans le premier cas, par des grandes lettres dans le second.

Système électrostatique. — Dans ce système, le point de départ est la quantité d'électricité.

Unité de quantité d'électricité. — C'est la quantité qui agit sur une quantité égale, placée à un centimètre, avec une force égale à une dyne.

La formule de définition est la loi de Coulomb.

$$f = \frac{qq'}{d^2}.$$

En faisant $q' = q$, on a

$$q = d\sqrt{f}.$$

Par suite les dimensions de cette unité sont

$$L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}.$$

Unité d'intensité de courant. — C'est l'intensité du courant qui parcourt un conducteur dont la section est traversée en une seconde par l'unité de quantité d'électricité.

La formule de définition est

$$q = it,$$

les dimensions

$$L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2}.$$

Unité de force électromotrice ou de potentiel électrostatique. — C'est le potentiel produit par l'unité d'électricité à l'unité de distance. La formule de définition est

$$v = \frac{q}{d}.$$

Les dimensions sont donc

$$L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}.$$

Unité de résistance. — C'est la résistance d'un conducteur qui est parcouru par un courant d'intensité 1 lorsqu'il existe entre ses deux extrémités une différence de potentiel égale à l'unité.

La formule de définition est la loi d'Ohm.

$$r = \frac{e}{i}.$$

On pourrait se servir aussi de la loi de Joule.
Les dimensions

$$L^{-1}\,T$$

sont celles de l'inverse d'une vitesse.

Unité de capacité électrostatique. — C'est la capacité sur laquelle l'unité de quantité produit un potentiel égal à 1.

Formule de définition

$$q = cv.$$

Dimensions

$$L.$$

La capacité électrostatique est donc une longueur, comme nous l'avons vu plus haut (Voy. CAPACITÉ).

Unité de quantité de magnétisme. — C'est la quantité qui agit avec l'unité de force sur un courant de longueur et d'intensité égales à 1, dont tous les points sont à une distance 1.

Formule de définition

$$f = \frac{ilq'}{d^2},$$

l étant la longueur du courant, q' la quantité de magnétisme.

Dimensions

$$L^{\frac{1}{2}}\,M^{\frac{1}{2}}.$$

Système électromagnétique. — Dans ce système, le point de départ est, comme nous l'avons dit, la quantité de magnétisme. Les quantités représentées par des petites lettres dans le système précédent sont figurées ici par des majuscules.

Unité de quantité de magnétisme. — C'est la quantité qui agit sur une quantité égale, placée à un centimètre, avec une force égale à une dyne.

La formule de définition est encore la loi de Coulomb,

$$F = \frac{QQ'}{D^2}$$

et les dimensions

$$L^{\frac{3}{2}}\,M^{\frac{1}{2}}\,T^{-1}.$$

Intensité de courant. — C'est l'intensité du courant qui, traversant un conducteur de 1 centimètre de longueur, dont tous les points sont à 1 centimètre d'une masse magnétique égale à 1, agit sur cette masse avec une force d'une dyne.

La formule de définition est la loi de Laplace (page 261), qui se réduit ici à

$$F = \frac{Q'IL}{D^2},$$

L étant la longueur du courant, Q' la quantité de magnétisme, D la distance.

Les dimensions sont

$$L^{\frac{1}{2}}\,M^{\frac{1}{2}}\,T^{-1}.$$

Unité de quantité d'électricité. — C'est la quantité qui traverse en une seconde un circuit parcouru par un courant d'intensité 1.

Formule de définition

$$Q = IT.$$

Dimensions

$$L^{\frac{1}{2}}\,M^{\frac{1}{2}}.$$

Unité de résistance. — C'est la résistance d'un conducteur dans lequel un courant d'intensité 1 développe en une seconde, sous forme d'énergie calorifique, un travail égal à l'unité.

La formule de définition est la loi de Joule.

$$W = I^2RT.$$

Dimensions

$$LT^{-1}.$$

Ce sont donc celles d'une vitesse.

Unité de force électromotrice. — C'est la force électromotrice qui produit un courant d'intensité 1 dans un circuit dont la résistance est égale à l'unité.

La formule de définition est la loi d'Ohm

$$E = IR.$$

Dimensions

$$L^{\frac{3}{2}}\,M^{\frac{1}{2}}\,T^{-2}.$$

Unité de capacité. — C'est la capacité d'un conducteur auquel une force électromotrice égale à 1 fait prendre l'unité de quantité d'électricité.

Formule de définition

$$Q = CE.$$

Dimensions

$$L^{-1}\,T^{2}.$$

Unités pratiques. — Ainsi que nous l'avons dit plus haut, il peut arriver qu'une ou plusieurs unités absolues soient trop grandes ou trop petites pour la pratique. Ainsi, dans le système électromagnétique, l'unité de résistance C.G.S. représente à peu près la résistance d'un fil de cuivre d'un millimètre de diamètre et d'un vingt-millième de millimètre de longueur. L'unité de force électromotrice est sensiblement égale à $\frac{1}{100\,000\,000}$ d'un Daniell. Au contraire, l'unité de capacité correspond à

peu près à la capacité d'une sphère dont le diamètre vaudrait plus d'un million de fois le diamètre de la terre.

Pour remédier à cet inconvénient, on a fait choix d'unités secondaires ou unités pratiques, dont voici les valeurs.

L'unité pratique de résistance vaut 10^9 unités C.G.S, et a reçu le nom d'*ohm*.

L'unité pratique de force électromotrice est égale à 10^8 unités C.G.S. et porte le nom de *volt*.

L'unité pratique d'intensité, qui vaut 10^{-1} unités C.G.S., a reçu le nom d'*ampère*.

L'unité pratique de quantité d'électricité s'appelle le *coulomb* et est égale à 10^{-1} unités C.G.S.

Enfin l'unité pratique de capacité, ou *farad*, vaut 10^{-9} unités C.G.S.

Il existe entre ces cinq unités les relations suivantes. Un ampère est l'intensité du courant produit par une force électromotrice d'un volt dans un circuit ayant une résistance d'un ohm. Le coulomb est la quantité d'électricité qui traverse en une seconde la section d'un conducteur parcouru par un courant d'un ampère. Enfin le farad est la capacité qu'un coulomb peut porter au potentiel d'un volt.

Parmi les multiples et sous-multiples de ces unités, on emploie surtout le *mégohm*, qui vaut 10^6 ohms, et surtout le *microfarad*, qui vaut 10^{-6} farads, et qui est en quelque sorte la véritable unité pratique de capacité.

Le Congrès de 1881 n'avait pas fixé d'unités pratiques pour le travail et la puissance. L'usage s'est introduit en électricité d'adopter pour ces deux grandeurs des unités correspondant à celles que nous venons d'indiquer. Le nom de watt a été attribué, tantôt à l'une, tantôt à l'autre de ces deux unités. Le Congrès des électriciens de 1889 a régularisé cette situation et adopté les définitions suivantes.

L'unité pratique de travail est appelée *joule* et vaut 10^7 unités C.G.S.; c'est l'énergie équivalente à la chaleur dégagée par un coulomb ou pendant une seconde par un courant d'un ampère dans un circuit de résistance égale à 1 ohm.

L'unité pratique de puissance est le *watt*, qui vaut 10^7 unités C. G. S. C'est la puissance d'un joule par seconde.

Le même Congrès a donné le nom de *quadrant* à l'unité pratique de coefficient de self-induction, qui vaut 10^9 centimètres (Voy. CONGRÈS).

On voit que le joule est aussi le travail fourni par un coulomb dans un conducteur aux deux extrémités duquel règne une différence de potentiel de 1 volt. C'est donc le produit d'un volt par un coulomb; d'où le nom de *volt-coulomb*, qu'on lui a donné quelquefois.

Le watt est aussi la puissance d'un courant de 1 ampère dans un circuit d'1 ohm, ou dans un conducteur ayant à ses extrémités une différence de potentiel d'un volt. C'est donc le produit d'un volt par un ampère; d'où le nom de *volt-ampère*.

Nous avons vu que le cheval-vapeur vaut environ $0{,}736 \times 10^{10}$ ou 736×10^7 unités C.G.S. de puissance. Il vaut donc 736 watts environ.

Le kilogrammètre vaut 98,096 mégergs ou $9{,}8096 \times 10^7$ ergs ou 9,8096 joules. Lorsqu'un travail est exprimé en joules, il suffit donc de le diviser par l'intensité de la pesanteur, exprimée en mètres, pour avoir sa valeur en kilogrammètres.

Enfin la calorie-gramme, qui correspond à 0,425 kilogrammètre, vaut

$$0{,}425 \times 9{,}8096 \times 10^7 \text{ ergs},$$

soit à peu près $4{,}17 \times 10^7$ ergs ou 4,17 joules. Inversement un erg correspond à

$$\frac{1}{4{,}17 \times 10^7} = 0{,}24 \times 10^{-7} \text{ calorie-gramme.}$$

et un joule à 0,24 calorie-gramme.

Il n'est pas sans intérêt de faire observer que les unités pratiques appartiennent à un système de mesures absolues, dans lequel les unités fondamentales seraient : pour la longueur, 10^7 mètres ou environ le quart du méridien terrestre; pour la masse, 10^{-11} de la masse d'un gramme et pour le temps la seconde.

Relations entre les deux systèmes d'unités. — Il est évident qu'il doit exister un certain rapport entre les unités du système électrostatique et celles du système électromagnétique. Pour le trouver, égalons les valeurs numériques d'une même quantité dans les deux systèmes; prenons par exemple une même quantité de travail.

$$\begin{aligned} W &= I^2Rt = i^2rt \\ &= EIt = eit \\ &= EQ = eq \\ &= E^2C = e^2c. \end{aligned}$$

D'où l'on tire, en appelant a une constante

$$\frac{E}{e} = \frac{i}{I} = \frac{q}{Q} = \sqrt{\frac{R}{r}} = \sqrt{\frac{c}{C}} = a.$$

Telles sont les relations entre les valeurs nu-

mériques. Il est évident qu'il existe entre les unités le rapport inverse, car la même grandeur se trouve exprimée par un nombre *n* fois plus grand si l'on fait choix d'une unité *n* fois plus petite. On a donc entre les unités les relations suivantes

$$\frac{I}{i} = \frac{Q}{q} = \frac{e}{E} = a$$

$$\frac{C}{c} = \frac{r}{R} = a^2.$$

Si l'on remplace dans ces deux équations chaque unité par ses dimensions, on obtient les dimensions de la constante *a*, qui sont LT^{-1}, par conséquent celles d'une vitesse.

Maxwell a démontré que cette vitesse est celle avec laquelle l'induction électro-magnétique se propage à travers l'espace, c'est-à-dire que, si une différence de potentiel s'établit subitement en un certain point, la perturbation qui en résulte se fera sentir en un autre point après un intervalle de temps qui sera égal au quotient de la distance des deux points par la vitesse *a*.

Cette vitesse n'a jamais été mesurée directement; à cause de sa valeur considérable, la méthode indirecte, qui consiste à prendre le rapport des unités des deux systèmes, a paru préférable à la mesure directe (Voy. Vitesse).

Beaucoup d'expériences indirectes ont été faites. Il y a autant de méthodes qu'il existe de quantités pouvant se mesurer à la fois directement en unités électrostatiques et en unités électromagnétiques. Tous les résultats oscillent autour du nombre qui exprime la vitesse de la lumière, 3×10^{10}. Il est bien probable que cette coïncidence n'est pas fortuite, mais qu'elle est due à une corrélation encore inconnue entre les phénomènes électriques et lumineux.

Dimensions des principales unités dérivées électriques et magnétiques.

	Système électro-statique.	Système électro-magnétique.	Rapport.
Quantité d'électricité	$L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}$	$L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}}$	LT^{-1}
Potentiel ou force électromotrice	$L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}$	$L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2}$	$L^{-1} T$
Capacité	L	$L^{-1} T^2$	$L^2 T^{-2}$
Résistance	$L^{-1} T$	LT^{-1}	$L^{-2} T^2$
Intensité du courant ou puissance d'un feuillet	$L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2}$	$L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}$	LT^{-1}
Quantité de magnétisme	$L^{\frac{5}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2}$	$L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}$	LT^{-1}

Valeurs des unités pratiques.

		Unités électromagnét. C. G. S.	Unités électrostatiques C. G. S.
Résistance	Ohm.	10^9	$10^9 : a^2$
F. électromotrice.	Volt.	10^8	$10^8 : a$
Intensité	Ampère.	10^{-1}	$10^{-1} \times a$
Quantité	Coulomb.	10^{-1}	$10^{-1} \times a$
Capacité	Farad.	10^{-9}	$10^{-9} \times a^2$

Détermination expérimentale des unités pratiques. — Les unités pratiques étant définies, il est nécessaire de construire, pour les mesures, des étalons ayant exactement la valeur de ces unités. Trois d'entre elles seulement peuvent être représentées matériellement : ce sont l'ohm, le volt et le farad. Il suffit du reste d'avoir un étalon d'une de ces unités pour en déduire facilement les autres. L'étalon de résistance semble par sa nature offrir plus de garanties au double point de vue de la précision et de la fixité : c'est donc celui qu'on a cherché à construire de préférence. Pour des raisons analogues, on a préféré lui donner la forme d'une colonne de mercure plutôt que de le faire d'un fil de cuivre ou de maillechort. Le problème revenait donc à chercher la longueur qu'il faut donner à une colonne de mercure à 0°, de 1 millimètre carré de section, pour que sa résistance soit égale à 1 ohm.

La loi d'Ohm et celle de Joule permettent de faire cette recherche; mais la loi de Joule renferme l'équivalent mécanique de la chaleur, qui n'est pas encore connu avec assez de précision pour servir de base à la détermination de l'ohm. Il faut donc recourir à la loi d'Ohm; mais cette loi suppose la connaissance d'une force électromotrice en valeur absolue. Les forces électromotrices d'induction sont les seules qu'on puisse calculer ainsi; c'est donc aux phénomènes d'induction qu'il faut avoir recours. Diverses méthodes ont été employées.

Les premières mesures ont été faites en 1863 par MM. Maxwell, Balfour Stewart et Fleeming Jenkin. L'appareil se composait d'une bobine circulaire recouverte de fil de cuivre isolé, qui tournait uniformément autour de son diamètre vertical; au centre était suspendu un petit aimant porté par un fil de cocon. L'action du champ terrestre développait dans la bobine des courants qui changeaient de sens à chaque demi-révolution; mais, comme la bobine changeait en même temps de position par rapport

Fig. 1.

Front Elevation

Fig. 3.

Fig. 1064. - B

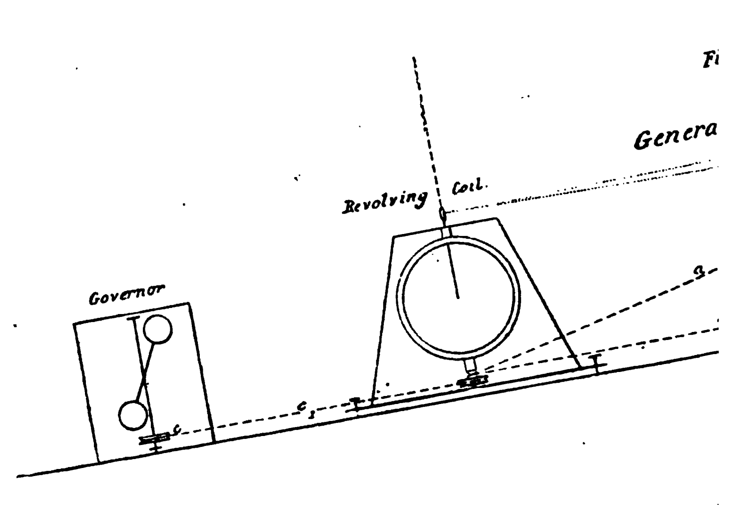
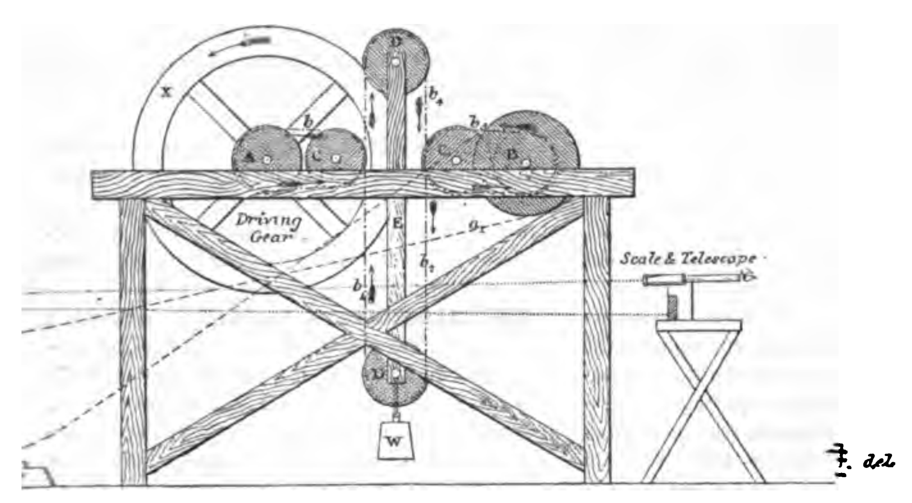


Fig. 2.

Side Elevation

rmination de l'ohm.



ıation de l'ohm.

à l'aimant, celui-ci prenait une déviation fixe, due à l'action de la terre et à celle des courants induits de la bobine. On mesurait cette déviation et l'on pouvait calculer facilement la résistance de la bobine en unités absolues C.G.S.

La bobine tournante est représentée à l'échelle de 1/5 (fig. 1064). Elle est formée de deux anneaux de laiton II, portant le fil de cuivre isolé, et disposés dans un fort massif de laiton HH, fixé lui-même sur une lourde pierre par trois boulons de laiton F. Trois vis calantes G servent à régler l'appareil. La bobine est portée par un pivot J en bois dur et par un support creux K, encastré dans une sorte de boîte à étoupe *k*, ajustée de façon à maintenir très soigneusement le collier *e*, qui empêche toute tendance à l'arrêt ou à l'ébranlement. Ainsi supportée, la bobine tourne avec la plus grande aisance et la plus grande régularité.

Les deux anneaux de laiton sont formés chacun de deux moitiés isolées en *ff'* par de la vulcanite, pour empêcher la production des courants de Foucault. La bobine de fil est divisée en deux parties pour laisser passer la suspension de l'aimant. Les deux extrémités du fil aboutissent à deux bornes isolées *hh'*, terminées par deux petites coupes à mercure ; on réunit ces coupes par un barreau de cuivre amalgamé, après avoir constaté que la rotation de la bobine ouverte ne produit aucune déviation de l'aimant.

L'aimant est porté par un trépied de laiton N, fixé sur le massif principal, et muni d'un long tube de laiton O, traversant librement le support creux K. L'extrémité inférieure de ce tube porte une boîte cylindrique de bois P, renfermant l'aimant S. Celui-ci est fixé par un fil de laiton rigide au petit miroir *t*, placé dans une cage de verre et suspendu lui-même à un fil de cocon de 2,15 m. de longueur. Ce fil était protégé contre les courants d'air par une cage de bois, non figurée, et soutenu par une tête de torsion permettant de l'élever, de l'abaisser ou de le faire tourner.

La bobine est mue par un lourd volant X, monté sur un arbre A qu'on fait tourner à la main; une courroie bb_1b_2 entraîne l'arbre B, qui communique à son tour le mouvement à la bobine par la courroie aa_1a_2 (fig. 1065).

Le compteur de tours est formé d'une vis courte *n*, de grand diamètre, engrenant avec une roue dentée de 100 dents *o*, munie d'un taquet *p*, qui soulève, à chaque passage, le ressort *q*. Celui-ci, en retombant, frappe le gong M. On est ainsi averti tous les 100 tours. Un régulateur (*governor*) rend le mouvement de rotation bien régulier. On voit à droite (fig. 1065) l'échelle et la lunette (*scale and telescope*) qui servent à observer les déviations par la méthode du miroir.

Après avoir déterminé la résistance de la bobine tournante par l'apareil précédent, on faisait entrer cette bobine, au moyen des bornes *hh'*, dans une sorte de pont de Wheatstone, à l'aide duquel on construisait des étalons de résistance.

D'autres déterminations ont été faites depuis cette époque, notamment par M. Weber, M. Kirchhoff et M. Lorenz. Elles ont montré que l'ohm peut être représenté par une colonne de mercure de 1 millimètre carré de section, ayant une longueur comprise entre 106,2 et 106,3 centimètres. La Commission internationale a adopté le chiffre de 106 centimètres, et a donné à l'unité ainsi définie le nom d'*ohm légal*. C'est celle qui est employée ordinairement (Voy. Ohm).

La construction d'étalons de l'ohm légal a permis ensuite d'obtenir des étalons de capacité et de force électromotrice. Ces derniers sont indiqués au mot Pile.

UNITÉ ÉLECTROLYTIQUE. — Unité arbitraire servant autrefois à mesurer l'intensité des courants et fondée sur les phénomènes d'électrolyse : c'est la quantité d'un électrolyte décomposée en une seconde, ou la quantité d'un élément déposé sur l'une des électrodes dans le même temps. Il y en avait plusieurs.

Jacobi avait adopté l'intensité d'un courant produisant en une minute 1 c. c. de gaz tonnant (2 volumes d'hydrogène pour 1 d'oxygène, mesuré à 0° et sous la pression de 760 millimètres. C'est l'intensité donnée par 1 Daniell dans un circuit de résistance égale à 1 unité Siemens. Cette unité vaut 0,0961 ampère.

On a employé aussi en Allemagne l'*unité atomique;* c'est l'intensité du courant qui dégage 1 gramme d'hydrogène en vingt-quatre heures. Cette unité vaut 1,111 ampère.

UNITÉ SIEMENS. — Unité de résistance proposée autrefois par Pouillet et Jacobi, puis par Siemens en 1860. C'est la résistance d'une colonne de mercure de 1 millimètre carré de section et de 1 mètre de longueur à 0°. Elle vaut 0,9434 ohm légal.

URÉTHROSCOPE. — Instrument servant à éclairer le fond des cavités intérieures, et notamment de la vessie. Il a été imaginé en 1853 par le Dr Désormeaux. Il existe un certain nombre de modèles dans lesquels l'éclairage est produit par l'électricité. Tel est celui repré-

senté figure 1066. Une sonde F est munie d'un embout qui en facilite l'introduction et qu'on retire ensuite. La sonde est alors reliée à l'appareil E, qui renferme une glace inclinée à 45°, pour envoyer sur la partie examinée les rayons de la lampe à incandescence placée en C. L'oculaire A permet d'examiner la région éclairée. H est une sonde disposée pour permettre d'insuffler de l'air dans l'urèthre, dont la muqueuse ainsi déplissée se prête mieux à l'examen; K est un spéculum pour les oreilles, qui peut se monter sur la pièce E à la place de la sonde.

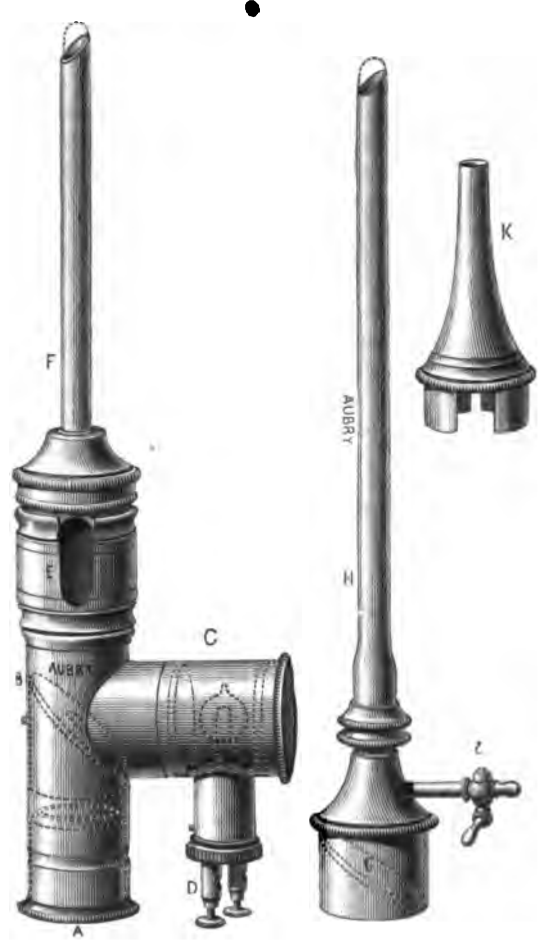


Fig. 1066. — Uréthroscope électrique.

V

VALSEURS ÉLECTRIQUES. — Jouet fondé sur les propriétés des moteurs électromagnétiques.

Les valseurs électriques ne sont autres que ces petits pantins montés sur crins qu'on désigne sous le nom de pygmées, et qu'on fait mouvoir d'ordinaire en les posant sur un plateau qu'on fait vibrer en le frappant à petits coups. Mais ici le mouvement est produit d'une manière très originale par l'électricité. A cet effet,

l'appareil comprend un petit moteur formé d'un électro-aimant vertical (fig. 1067), au-dessus des pôles duquel tourne un volant à ailettes. L'axe de ce volant porte à la partie inférieure une petite roue ayant autant de dents qu'il y a d'ailettes; un ressort, qui appuie sur ces dents, forme interrupteur, et sert à faire passer le courant dans l'électro-aimant lorsqu'il est en contact avec une des dents; le circuit est interrompu dans le cas contraire. Lorsque le courant passe, l'électro-aimant attire vers ses pôles les deux palettes les plus voisines, et le volant se met à tourner. Dès que les palettes sont arrivées en face des pôles, le courant se trouve interrompu et le volant continue à tourner en vertu de la vitesse acquise. Le courant se trouve rétabli au bout d'un instant, les palettes suivantes sont attirées par l'électro et le mouvement continue de la même manière. Un pignon monté sur l'axe du volant communique le mouvement à une roue qui commande une petite musique de Genève. Le moteur n'actionne donc directement que la musique, et c'est un effet d'induction qui fait marcher les pantins. Pour cela, la plate-forme qui reçoit les danseurs est une plaque de tôle disposée au-dessus des pôles de l'électro-aimant et fixée seulement par le bord. Sous l'influence des aimantations et des désaimantations successives de l'électro, cette plaque se met à vibrer comme le ferait la membrane d'un téléphone récepteur, et ces vibrations suffisent à mettre en marche les petits valseurs. En modifiant l'intensité du courant, on peut faire tourner les pantins avec plus ou moins de rapidité; on peut aussi régler à volonté la tension de la membrane vibrante à l'aide de deux vis placées au milieu de sa surface, et éviter ainsi des mouvements trop violents qui feraient tomber les pantins.



Fig. 1067. — Valseurs électriques.

VARIABLE (État). — Voy. État électrique.

VARIOMÈTRE. — Appareil imaginé par Kohlrausch pour étudier les variations du courant magnétique terrestre.

VÉGÉTATION. — Les phénomènes chimiques de la végétation paraissent être accompagnés de phénomènes électriques.

L'électricité atmosphérique semble favoriser le développement de la végétation; d'après M. Berthelot, les plantes, sous son influence, absorberaient directement l'azote de l'air. Enfin la lumière électrique paraît exercer également une influence favorable sur la végétation.

VEILLEUR AUTOMATIQUE. — Appareil imaginé par M. Gérard et destiné à remplacer automatiquement une lampe éteinte par une autre lampe ou une résistance équivalente. Il se compose d'un électro-aimant droit à fil fin monté en dérivation à côté de la lampe. Deux godets en fer, placés à la partie inférieure et contenant du mercure, font partie d'une seconde dérivation qui renferme la lampe de secours ou une résistance équivalente. Les deux godets n'étant pas en communication lorsque la lampe fonctionne, cette dérivation n'est parcourue par aucun courant. L'électro-aimant est muni d'une armature qui supporte, à l'aide d'un crochet, une traverse en fer à laquelle sont fixées deux tiges cylindriques de même métal. Quand la lampe est allumée, l'électro ne reçoit qu'un courant très peu intense et incapable d'attirer son armature. Mais, lorsqu'elle s'éteint, le courant tout entier passant par l'électro, l'armature est attirée : elle bascule et abandonne la traverse et les cylindres de fer; ceux-ci tombent dans les godets et ferment la dérivation, de sorte que la lampe est remplacée par une autre ou par une résistance égale.

VEILLEUSE ÉLECTRIQUE. — Petit appareil destiné à servir la nuit, lorsqu'on veut se procurer de la lumière pendant quelques instants. Il est commode alors de n'avoir qu'à pousser un bouton pour voir une lampe s'allumer, sans avoir besoin de chercher des allumettes, qu'on risque fort de ne pas trouver à propos. Comme il ne s'agit ici que d'un éclairage de quelques instants, les piles Leclanché conviennent parfaitement : on a l'avantage qu'elles peuvent rester constamment immergées et n'ont besoin d'être remontées que très rarement. La figure 1068 montre une veilleuse électrique de ce genre, qu'on peut suspendre auprès d'un lit : il suffit, pour avoir de la lumière, de presser sur le bouton d'une poire A, formant interrupteur,

et semblable à celles que l'on emploie pour les sonneries. La lampe s'éteint lorsqu'on abandonne le bouton de la poire. Un cadre placé au-dessous de la lampe sert de porte-montre et

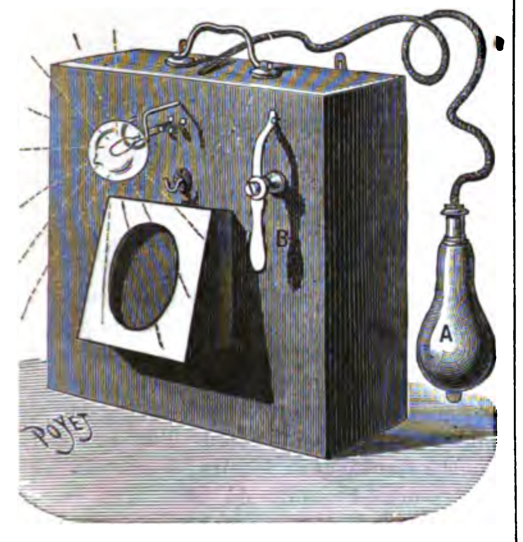


Fig. 1068. — Veilleuse porte-montre électrique.

permet de voir l'heure facilement. Si l'on veut conserver la lumière un certain temps, on agit sur un commutateur qui ferme le circuit.

VÉLOCIPÈDE ÉLECTRIQUE. — Voy. Tricycle électrique.

VENT ÉLECTRIQUE. — Application du pouvoir des pointes, montrant la répulsion de l'air électrisé. Si l'on approche une bougie allumée d'une pointe horizontale placée sur une machine électrique, le vent électrique fait onduler la flamme et peut même éteindre la bougie. Le vent électrique est accompagné de phénomènes lumineux visibles dans l'obscurité. Si la pointe est positive, elle donne une aigrette violacée; si elle est négative, elle se termine par une petite étoile brillante.

VENTILATEUR ÉLECTRIQUE. — Ventilateur mû par un moteur électrique; application de la transmission électrique de l'énergie. Les ventilateurs électriques sont généralement économiques et faciles à installer. En effet, les ventilateurs doivent être placés dans le voisinage immédiat des pièces dont ils doivent renouveler l'air. Ces pièces se trouvant parfois assez loin les unes des autres, il faut, avec les

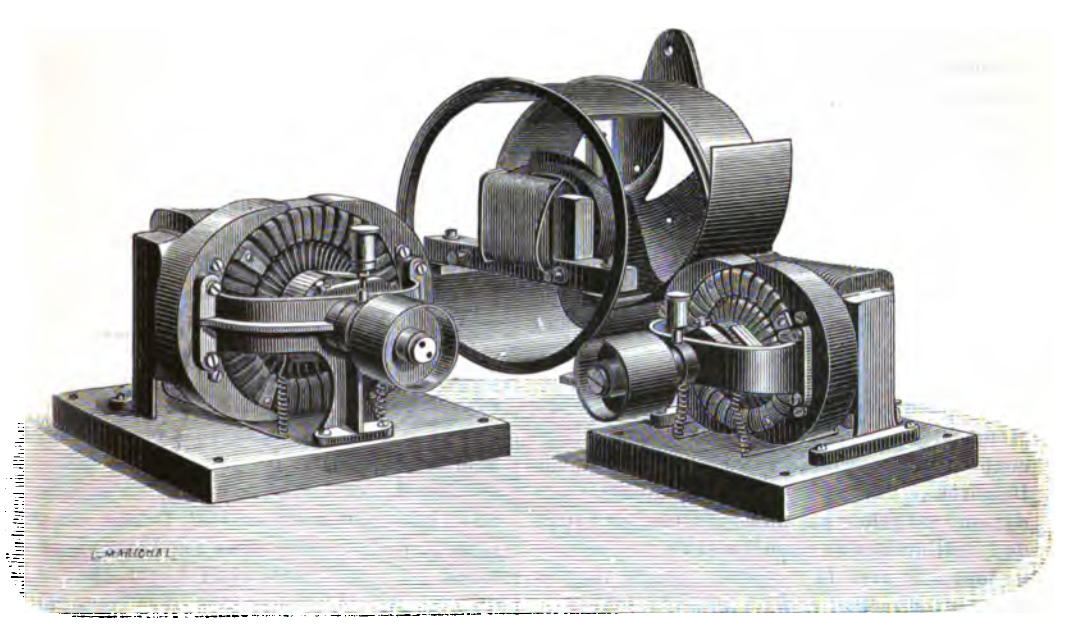


Fig. 1069. — Ventilateur électrique.

systèmes ordinaires, autant de machines motrices que de ventilateurs. Avec l'électricité, il suffit d'une seule machine génératrice, et l'on place à côté de chaque ventilateur un petit moteur qui, vu son faible poids, n'exige pas de fondations spéciales et peut se placer dans n'importe quel endroit. La figure 1069 montre un ventilateur monté sur l'arbre d'un moteur, type C, de la Société alsacienne de constructions mécaniques. Le plus petit modèle con-

somme environ 150 watts. Les deux appareils sont enfermés dans une enveloppe en fonte munie de portes qui permettent l'accès facile de toutes les parties.

L'Hôtel de Ville de Paris, l'École centrale des arts et manufactures sont munis de ventilateurs électriques.

A l'Hôtel de Ville, le courant est fourni par deux dynamos Gramme, à double enroulement, qui absorbent chacune environ 4 chevaux. Elles font 1250 tours et donnent chacune 50 ampères sous une différence de potentiel de 110 volts aux bornes. Les ventilateurs, au nombre de 35, possèdent chacun un petit moteur Gramme. Tous ces moteurs sont du même type, mais de résistance différente, saivant le travail qu'ils doivent produire. Ils sont répartis sur cinq circuits et placés tous en dérivation. Chaque ventilateur absorbe de 7 à 40 kilogrammètres.

L'École centrale possède dix ventilateurs, munis chacun d'un moteur Gramme; ces moteurs sont montés en quantité. Le courant est fourni, suivant les besoins, par une ou deux machines Gramme de 4 chevaux. Trois des ventilateurs sont dans les sous-sols, les autres dans les combles. Pour prévenir le mécanicien des accidents qui peuvent arriver à ces derniers, on a placé sur le circuit de chaque moteur un avertisseur qui fait marcher une sonnerie et apparaître un numéro.

Des ventilateurs électriques ont été installés aussi dans plusieurs usines. Ainsi, dans les mines de Blanzy, deux machines Gramme furent installées en 1881 pour actionner un ventilateur au puits Saint-Claude, et donnèrent de bons résultats jusqu'au moment où les travaux du puits furent arrêtés.

A Zankerode, dans les houillères royales de Saxe, le courant est fourni par une dynamo Siemens, placée à 110 mètres du puits et accouplée directement avec une machine à vapeur Dolgorouki, faisant 800 tours par minute. Cette dynamo est reliée par un conducteur en cuivre de 7 millimètres de diamètre et de 757 mètres de longueur avec la réceptrice, placée dans la mine, à 400 mètres du fond du puits. Cette dernière commande par courroie un ventilateur du type Schiele, ayant 96 centimètres de diamètre, qui débite 178 mètres cubes d'air, à la pression de 20 millimètres, avec une force de 1,66 cheval. Cette installation fonctionne avec succès depuis plusieurs années.

VERDET (Constante de). — Voy. Constante et Pouvoir rotatoire magnétique.

VERRE (Coupage du) **PAR L'ÉLECTRICITÉ**. — Dans les verreries de Pittsburg (Pensylvanie), on coupe de gros cylindres de verre en les enveloppant d'un fin conducteur, qu'on porte au rouge blanc par le courant d'une petite batterie, puis laissant tomber une goutte d'eau froide.

VERROU ÉLECTRIQUE. — Disposition électrique s'adaptant à une serrure et faisant l'office d'un verrou qu'on peut manœuvrer à distance. Le verrou électrique de MM. Gillet est un des plus simples et s'adapte facilement à toutes les serrures avec une légère modification : il suffit en effet de pratiquer une entaille verticale assez profonde sur le bord inférieur du pêne. Le verrou se fixe à la place occupée ordinairement par la pièce creuse qui reçoit le pêne, ou la gâche, que l'on enlève. Il est formé d'un levier horizontal basculant autour d'un axe et recourbé du côté de la serrure, de manière à pénétrer dans l'entaille du pêne. C'est ce qui a lieu lorsque l'autre extrémité de ce levier est attirée par un électro-aimant vertical placé au-dessous d'elle. La porte se trouve alors fermée et elle reste dans cette position même lorsque le courant a cessé de passer, grâce à un autre levier vertical, qui, poussé par un ressort, vient s'appuyer sur le premier et le maintient immobile. Pour ouvrir la porte, on lance le courant dans un électro horizontal, qui attire la partie supérieure du second levier et le fait déclencher : le premier est alors rendu libre et un ressort à boudin fait abaisser son extrémité recourbée; le pêne peut donc fonctionner, et la porte s'ouvrir. Plusieurs boutons peuvent commander le même verrou, et un même bouton peut agir à la fois sur un nombre quelconque de verrous.

Ce petit appareil est très simple et peut rendre des services dans bien des cas. Dans une maison particulière, on peut de son lit s'enfermer le soir dans sa chambre et ouvrir le matin au domestique pour lui permettre de faire son service. Le chef d'une maison de commerce peut, sans quitter son cabinet, fermer simultanément les portes de tous les bureaux ou de toutes les caisses, sans avoir à craindre l'oubli ou la négligence d'un employé. Les portières de tous les compartiments d'un train de chemin de fer pourraient être ainsi condamnées facilement pendant la marche, ce qui éviterait souvent des accidents et s'opposerait même à certaines tentatives criminelles.

Certains appareils destinés à l'exploitation des chemins de fer sont munis de serrures ou de verrous électriques.

VIBRATEUR. — M. E. Gray a donné ce nom à un appareil formé d'une bobine d'induction dont les deux hélices sont superposées et l'interrupteur formé d'un certain nombre de trembleurs pouvant rendre des sons différents. En les actionnant successivement, on peut faire entendre un air musical. Les courants secondaires peuvent être reçus à distance dans un récepteur et fournissent un moyen d'appel téléphonique.

Dans son système anti-inducteur (Voy. Téléphonie par les fils télégraphiques), M. Van Rysselberghe a dû chercher un système d'appel sans influence sur les télégraphes. Il a fait usage d'un vibrateur, qui divise le courant en un grand nombre de courants successifs, à peu près comme dans une sonnerie trembleuse. Ces courants traversent la petite bobine du translateur phonique et en induisent d'autres, qui agissent sur un circuit local à la station d'arrivée. Ce circuit comprend une pile et deux dérivations : dans l'une est placée la plaque d'un vibrateur téléphonique, formé d'une bobine entourant l'extrémité d'un aimant et d'une plaque vibrante, sur laquelle repose l'extrémité d'un marteau ou *jockey*, dont la pression est réglée par un contre-poids. L'autre dérivation renferme un avertisseur très résistant. Tant que le marteau touche la plaque vibrante, le courant local passe presque tout entier par ces deux organes, et l'avertisseur n'en reçoit qu'une portion insuffisante pour l'actionner. Mais, si la bobine du vibrateur reçoit les courants interrompus, le marteau s'écarte de la plaque, et, à chacune des interruptions, le courant local passe tout entier par l'avertisseur et le fait fonctionner. M. Van Rysselberghe donne à cette disposition le nom d'*avertisseur phonique*.

M. Sieur a imaginé une disposition d'appel analogue.

VIDE (Résistance électrique du). — On sait qu'il est à peu près impossible de faire passer un courant électrique entre deux électrodes placées dans le vide. D'après M. Edlund, la résistance du milieu gazeux décroît au contraire avec la pression et l'effet observé est dû à une résistance au passage qui se manifeste à la surface des électrodes, et qui augmente à mesure que la pression du gaz diminue. M. Homen a fait des expériences pour vérifier cette théorie (V. *Wied. Ann.* 1881, 1882, 1883, et *Pogg. Ann.* 1869).

VIGIE SOUS-MARINE. — Appareil imaginé par MM. Orecchioni et Cavalieri pour préserver les navires des chocs ; la disposition électrique a été étudiée par MM. de Méritens et Trouvé. Cet appareil consiste en un corps cylindro-conique, analogue à une torpille, qui précède le navire, à une distance égale à trois fois sa longueur et porte à sa pointe un avertisseur de chocs, relié électriquement au navire. Le reste de la vigie est rempli par les organes accessoires : moteur électrique, appareil hydraulique commandant, par un jeu de leviers, un double gouvernail d'immersion, l'hélice, la barre de direction, etc. Le poids de l'appareil est de 500 kilogrammes pour le petit modèle et 900 kilogrammes pour le grand. (*Lum. électrique*, tome XXIX.)

VIS D'ATTACHE. — Voy. Serre-fil.

VISCOSITÉ ÉLECTRIQUE. — On donne quelquefois ce nom à la résistance plus ou moins grande que les différents gaz offrent au passage de la décharge électrique. « Le 17 mai 1877, MM. de la Rue et Müller ont constaté qu'aux pressions atmosphériques ordinaires la longueur de l'étincelle, donnée par une pile dans différents gaz, décroît dans l'ordre où ces gaz sont énumérés ci-après : hydrogène, azote, air, oxygène, acide carbonique, l'hydrogène donnant une décharge à peu près double de celle de l'air. L'influence de la nature du gaz sur la longueur de l'étincelle est un phénomène spécial, qui ne paraît lié ni à la densité du gaz, ni à sa viscosité mécanique. On peut désigner cette propriété particulière sous le nom de *viscosité électrique*, le rapport des distances explosives obtenues pour deux gaz mesurant le rapport de leurs viscosités électriques. » (Gordon, *Traité d'électricité et de magnétisme*.)

VISION PAR L'ÉLECTRICITÉ. — Plusieurs inventeurs ont cherché à imaginer des appareils transmettant à distance les sensations lumineuses, comme le téléphone transmet les sensations auditives. (Voy. Téléphote.)

VITESSE (Unité de). — Voy. Unités.

VITESSE DE L'ÉLECTRICITÉ. — On a cherché depuis longtemps à déterminer la vitesse avec laquelle l'électricité se meut dans les corps conducteurs, en mesurant le temps nécessaire pour produire une étincelle ou pour dévier un galvanomètre à une certaine distance. Wheatstone réunissait les deux armatures d'un condensateur par un fil interrompu en trois points voisins. Au moment de la décharge, il se produisait en ces points trois étincelles successives, et l'on pouvait, à l'aide d'un miroir tournant, mesurer les intervalles de temps qui séparaient ces étincelles. Wheatstone a trouvé ainsi une vitesse de 463 000 kilomètres par seconde.



Dans un fil de cuivre, le même auteur a trouvé 460000 kilomètres. Dans un fil de fer, MM. Fizeau et Gounelle ont trouvé 180 000 kilomètres.

Enfin, M. Kirchhoff a été amené par des considérations théoriques à prendre comme valeur moyenne la vitesse de la lumière 308 000 kilomètres, soit environ 3×10^{10} unités C. G. S.

Vitesse de transmission dans les câbles. — La vitesse de propagation dans les câbles est soumise aux lois suivantes. Elle varie en raison inverse du produit de la résistance du conducteur par la capacité inductive de l'enveloppe. Pour deux câbles de même espèce et de même diamètre, elle est en raison inverse des carrés des longueurs. Pour deux câbles de même nature et de même longueur, elle est donnée par la formule

$$\frac{V}{V'} = \frac{d^2 \log \frac{D}{d}}{d'^2 \log \frac{D'}{d'}},$$

d et d' étant les diamètres des âmes conductrices, D et D′ ceux des enveloppes isolantes.

Si les longueurs diffèrent en même temps, on a

$$\frac{V}{V'} = \frac{d^2 l' \log \frac{D}{d}}{d'^2 l \log \frac{D'}{d'}}.$$

M. Latimer Clark a donné la formule suivante :

$$V = \frac{d^2}{l^2} (\log D - \log d).$$

VITESSE DE L'INDUCTION ÉLECTROMAGNÉTIQUE. — Le rapport a de l'unité électromagnétique d'électricité à l'unité électrostatique (Voy. Unités) présente les dimensions d'une vitesse. Maxwell a démontré que cette quantité est la vitesse de l'induction électromagnétique. Toutes les mesures ont donné pour cette vitesse une valeur égale à celle de la lumière dans l'air, soit environ 3×10^{10} unités C. G. S.

On a cherché à vérifier s'il en est de même dans les autres milieux. La vitesse de l'induction électromagnétique étant a dans l'air, Maxwell a démontré qu'elle est $\frac{a}{\sqrt{k}}$, dans un milieu dont le pouvoir inducteur spécifique est k. D'autre part, la vitesse de la lumière dans un milieu transparent dont l'indice de réfraction est n s'obtient en divisant par n la vitesse dans l'air. On doit donc avoir, pour tous les diélectriques transparents.

$$n = \sqrt{k}.$$

Remarquons que les valeurs de n doivent être prises pour des radiations de longueur d'onde infinie.

L'accord observé entre les valeurs de n et celles de $\sqrt{k}$ est suffisant pour les gaz, mais non pour les diélectriques solides ou liquides; en somme, il est « assez complet pour nous donner bon espoir que, quelque jour, les discordances seront expliquées et éliminées; en attendant, l'accord complet des vitesses de la lumière et de l'induction électromagnétique dans l'air et dans les gaz, et les nombreuses relations directes qui existent entre la lumière et l'électricité ne nous laissent guère douter qu'il n'y ait entre ces agents un lien étroit, et que leurs effets ne soient que deux formes de cette énergie commune, de nature inconnue, qui se retrouve certainement sous tous les phénomènes physiques. » (*Gordon*).

Nous décrirons rapidement les principales méthodes qui ont servi à mesurer la vitesse de l'induction électromagnétique.

Méthode de Weber et Koblrausch. — Les premières déterminations de cette vitesse sont dues à Weber et Koblrausch. Maxwell donne la description suivante de ces expériences.

« La méthode était fondée sur la mesure de la même quantité d'électricité, d'abord en unités électrostatiques, puis en unités électromagnétiques.

« La quantité d'électricité mesurée était la charge d'une bouteille de Leyde. Sa valeur en unités électrostatiques était le produit de la capacité de la bouteille par la différence de potentiel de ses armatures.

« La capacité de la bouteille était représentée par une certaine longueur. La différence de potentiel était mesurée en réunissant les armatures aux électrodes d'un électromètre dont les constantes avaient été soigneusement déterminées, de façon à connaître la différence des potentiels en unités électrostatiques ».

On déterminait la valeur de la charge en unités électromagnétiques en déchargeant la bouteille à travers la bobine d'un galvanomètre, et l'on calculait le courant d'après la première impulsion de l'aiguille.

Ces expériences ont donné pour a la valeur $3{,}1074 \times 10^{10}$ centimètres.

Maxwell fait remarquer que le phénomène connu sous le nom d'absorption ou de pénétration électrique était mal connu à cette époque et démontre que, si l'on a négligé cette absorption, la valeur trouvée pour a doit être trop forte.

Méthode de Thomson. — Sir W. Thomson a déterminé cette vitesse en mesurant une même force électromotrice dans les deux systèmes d'unités. Cette force électromotrice était celle de 60 éléments Daniell à sciure de bois, montés en série.

On a, d'après la loi d'Ohm,

$$E = IR.$$

La force électromotrice était mesurée directement en unités électrostatiques au moyen d'un électromètre.

D'autre part, on mesurait le produit I R en unités électromagnétiques. en faisant passer le courant à travers une résistance connue, par exemple la bobine d'un électrodynamomètre, dont la déviation faisait connaître l'intensité. Le rapport de ces deux mesures permettait d'obtenir la vitesse cherchée.

Pour déterminer la résistance de l'électrodynamomètre, on se servait d'un électromètre à quadrants, dont les deux électrodes étaient reliées successivement aux deux bornes de cet appareil et à celles d'une résistance connue ; le rapport des deux résistances était égal à celui des deux différences de potentiel observées.

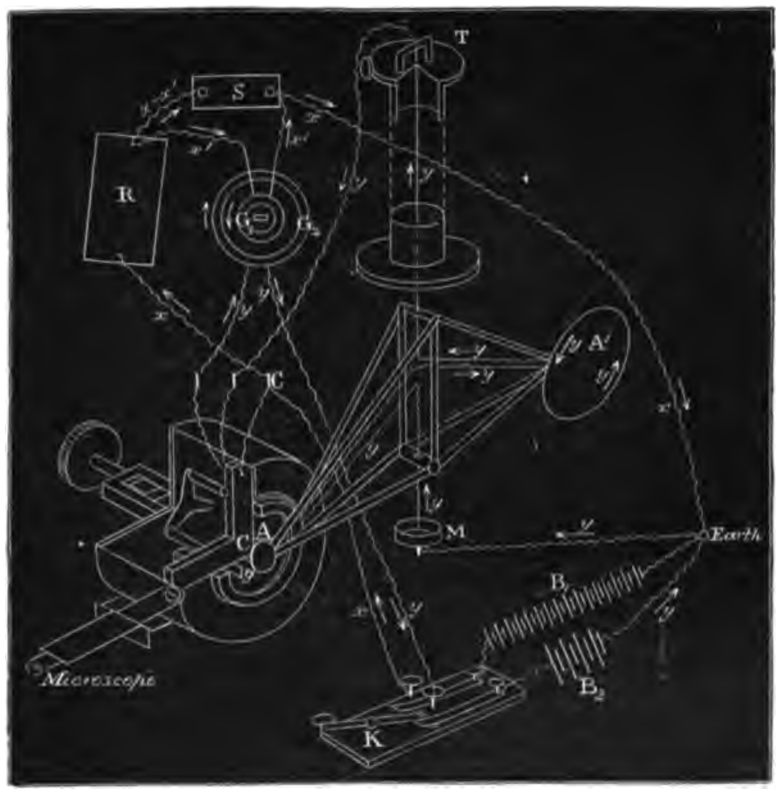


Fig. 1070. — Rapport des unités (expérience de Maxwell).

Onze séries d'expériences ont donné des nombres compris entre $2{,}92 \times 10^{10}$ et $2{,}754 \times 10^{10}$, et dont la moyenne est $2{,}825 \times 10^{10}$.

Sir W. Thomson avait l'intention de reprendre ces expériences avec plus de précision. Ce travail a été fait par Mc. Dugald M. Kichan, dans le laboratoire de sir W. Thomson, par une méthode qui ne diffère de la précédente que par quelques détails. Ces observations, publiées en 1875, ont donné, comme moyenne, $2{,}93 \times 10^{10}$.

Méthode de Maxwell. — Maxwell a comparé les deux unités de force électromotrice en équilibrant l'attraction de deux disques chargés d'électricité contraire par la répulsion entre deux courants passant par deux bobines plates, de résistances connues.

Un disque et une spirale étaient fixes, l'autre disque et l'autre spirale étaient attachés ensemble à l'extrémité du levier d'une balance de torsion. On voit en T la tête de torsion de cette balance (fig. 1070), dont le fil soutient un



levier horizontal. A l'une des extrémités sont fixés en A le disque et la spirale mobiles, équilibrés par une autre spirale exactement semblable, placée en A' à l'autre bout du levier. Les deux bobines AA' sont parcourues en sens contraire par le même courant, afin de neutraliser l'action de la terre.

Le disque suspendu en A est entouré d'un anneau de garde semblable à celui de l'électromètre absolu (Voy. ce mot) de Thomson. Le disque suspendu a 10,16 centimètres de diamètre; le disque fixe, placé en C, a 15,24 centimètres de diamètre. Grâce à ces dispositions, l'attraction électrique entre ces deux disques est la même que si la distribution était uniforme.

Le disque mobile se tient en équilibre dans le plan de l'anneau de garde; il est au même potentiel que la cage de l'instrument. Le disque fixe C est isolé et porté à un potentiel élevé: il peut être éloigné ou rapproché de l'anneau de garde à l'aide d'une vis micrométrique.

Les spirales sont fixées sur les faces postérieures des deux disques : la bobine fixe est isolée avec soin de son disque, qui doit être porté à un haut potentiel.

Ce potentitiel était obtenu en reliant les disques aux deux électrodes d'une pile B_1, de 2600 éléments, au chlorure mercurique. Cette différence de potentiel était mesurée en observant, avec un galvanomètre, le courant produit à travers une résistance R connue et très grande. Le circuit de ce courant est désigné par la lettre x. Après avoir traversé R, il se divise en deux : l'un x' traverse l'un des fils G_1 du galvanomètre; l'autre $x - x'$ passe dans le shunt S de ce galvanomètre. Une pile plus petite B_2 donne le courant y qui passe dans les trois bobines, puis dans le fil G_2 du galvanomètre, destiné à la mesurer à la manière ordinaire. On voit que ce courant passe par le vase M, plein de mercure, et le fil de la balance. K est un interrupteur double. Un microscope sert à vérifier la position d'équilibre de l'aiguille mobile.

« Nous avons ainsi deux forces électromotrices dont le rapport est connu; l'action de l'une est électrostatique et celle de l'autre est électromagnétique. Leur grandeur peut être réglée de telle sorte que l'attraction du disque égale la répulsion des bobines, c'est-à-dire de telle sorte que l'aiguille de la balance de torsion reste en équilibre et, quand on a fait des corrections convenables pour les différentes distances séparant le disque des bobines, on a du même coup tous les éléments pour la comparaison des actions électrostatiques et électromagnétiques de la même pile. Les résultats des expériences de Maxwell donnent donc une valeur directe de la relation entre les unités électrostatiques et électromagnétiques de force électromotrice. » (Gordon).

La moyenne de ces experiences est $2,8798 \times 10^{10}$.

Méthode d'Ayrton et Perry. — MM. Ayrton et Perry ont mesuré en unités électrostatiques et en unités électromagnétiques la capacité d'un condensateur à air dont chaque plateau avait 1323,14 centimètres carrés. La capacité électrostatique était déduite des mesures linéaires de l'appareil, et la capacité électromagnétique de l'impulsion obtenue en déchargeant le condensateur à travers un galvanomètre balistique. Ce galvanomètre, formé de 40 aimants, divisés en deux masses sphériques, a été décrit plus haut (voy. p. 340).

La source d'électricité était une pile de 382 éléments Daniell. La moyenne a été de $2,980 \times 10^{10}$.

M. Ch. Hockin a trouvé par la même méthode $2,988 \times 10^{10}$.

Méthode de Rowland. — M. Rowland a mesuré a en faisant tourner un disque d'ébonite doré, de 21,1 centimètres de diamètre, dans le voisinage d'une aiguille astatique avec une vitesse de 61 tours par seconde. Le disque était électrisé par communication avec une bouteille de Leyde chargée. Le potentiel électrostatique était donné par la distance explosive. L'effet magnétique était déterminé par la déviation des aiguilles qu'on observait à l'aide d'un miroir. Cette méthode a donné $3,0448 \times 10^{10}$.

VITRÉE (ÉLECTRICITÉ). — Syn. d'ÉLECTRICITÉ POSITIVE.

VOITURE ÉLECTRIQUE. — Les voitures électriques doivent nécessairement porter avec elles leur source d'électricité, piles ou accumulateurs. Ces derniers ont été préférés dans les essais peu nombreux qui ont été tentés jusqu'à présent. MM. Immish et C° ont construit un dog-cart à quatre roues et à quatre places, alimenté par 24 accumulateurs d'un modèle spécial, actionnant un moteur Immish de 1 cheval, qui commande les roues d'arrière par une chaîne de Gall. M. Magnus Volk a fait des expériences à l'aide d'une voiture analogue, portant 16 accumulateurs E. P. S, et un moteur Immish de 0,5 cheval. Il a constaté que l'effort de traction est moindre sur l'asphalte que sur les rails des tramways. Il a pu monter des rampes de 0,033 m. par mètre.

VOLT. — Unité pratique de force électromotrice valant 10^8 unités absolues C. G. S. C'est la force électromotrice qui donne un courant d'un ampère dans un circuit dont la résistance vaut 1 ohm. (Voy. UNITÉS.) L'élément Daniell vaut environ 1,1 volt.

VOLTA (PRIX). — Prix institué le 26 prairial an X par le premier consul et destiné à récompenser les découvertes formant une époque mémorable de l'histoire de l'électricité. Ce prix, dont la valeur est de 50000 francs, a été décerné trois fois : à Ruhmkorff, en 1864, pour sa bobine d'induction; à M. G. Bell, en 1876, pour le téléphone; enfin à M. Gramme, pour sa machine bien connue.

VOLTA-ÉLECTROMÈTRE. — Nom donné autrefois au voltamètre.

VOLTAGE. — Expression abrégée par laquelle on désigne quelquefois le nombre de volts, grand ou petit, qui est nécessaire au fonctionnement d'un appareil; ex. : une lampe d'un faible voltage.

VOLTAGOMÈTRE. — Sorte de rhéostat à mercure imaginé par Jacobi.

VOLTAIQUE. — S'applique aux phénomènes qui se rapportent aux piles.

Alternatives voltaïques. — On désigne parfois sous ce nom, en électrothérapie, le mode de galvanisation qui consiste à renverser le courant de la pile, à intervalles réguliers, au lieu de se borner à l'interrompre.

VOLTAISATION. — Syn. de GALVANISATION.

VOLTAISME. — Électricité produite par la pile voltaïque ou les piles analogues.

VOLTAMÈTRE. — Appareil servant à montrer l'électrolyse de l'eau. Le modèle ordinaire (Voy. fig. 285, p. 257) se compose d'un vase de verre dont le fond est traversé par deux lames de platine ou *électrodes*, communiquant avec deux bornes qu'on relie aux pôles d'une pile. Le vase a été préalablement rempli d'eau, acidulée par un peu d'acide sulfurique, ainsi que deux petites éprouvettes graduées qui recouvrent les électrodes. Dès que le courant passe, on recueille de l'oxygène à l'électrode positive et un volume double d'hydrogène à l'électrode négative. (Voy. ÉLECTROLYSE.)

La mesure des courants par les actions chimiques est l'application la plus importante du voltamètre (Voy. INTENSITÉ). Il est vrai qu'on a rarement recours à l'eau acidulée, parce que, les volumes de gaz recueillis étant très faibles, leur mesure ne saurait donner une grande précision. Néanmoins, on a cherché à donner au voltamètre une forme qui se prête mieux à cette opération.

Une des dispositions les plus commodes est celle de Bertin (fig. 1071). L'électrode néga-

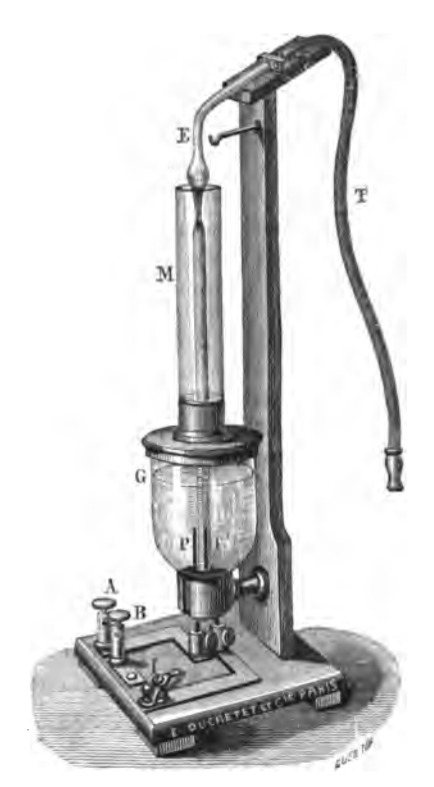


Fig. 1071. — Voltamètre de Bertin.

tive P' est seule resouverte d'une éprouvette, qu'on remplit d'eau acidulée en aspirant par le tube de caoutchouc T, puis on ferme ce tube à l'aide d'une pince; le tube capillaire qui est à la partie supérieure suffit à arrêter le gaz, pourvu qu'il y ait un peu de liquide dans l'ampoule E. A l'aide de l'interrupteur I, on fait passer le courant jusqu'à ce que le niveau soit le même dans l'éprouvette et dans le vase extérieur, pour que l'hydrogène recueilli soit à la pression atmosphérique. Le manchon M peut être rempli d'eau pour mieux connaître la température du gaz recueilli. (Voy. INTENSITÉ.)

M. A. Minet a imaginé une autre forme de voltamètre, qui permet, paraît-il, de mesurer des intensités de 0,001 à 0,5 ampère avec une approximation égale aux 0,005 de la grandeur à mesurer.

On donne parfois aussi le nom de voltamètre aux tubes, en forme d'U ou de V, dans lesquels on fait l'électrolyse des sels métalliques (Voy.



fig. 286, page 257). On sait que la décomposition de ces substances fournit une méthode plus précise pour la détermination des intensités. (Voy. ce mot.)

Le voltamètre peut même servir à la mesure des courants alternatifs. En effet, ces courants ne donnent d'ordinaire aucun dégagement de gaz dans le voltamètre. Mais MM. Manœuvrier et Chappuis, Ayrton et Perry ont montré qu'à partir d'une certaine intensité on obtient dans chaque éprouvette un mélange de gaz oxygène et hydrogène dont la quantité dépend de la densité du courant et de la rapidité des alternatives.

VOLT-AMPÈRE. — Syn. de watt. Voy. WATT et UNITÉS.

VOLTAMPÈREMÈTRE ou **MESUREUR D'ÉNERGIE.** — Appareil mesurant l'énergie électrique, c'est-à-dire le produit EI en watts. (Voy. COMPTEUR D'ÉLECTRICITÉ.)

VOLTASCOPE. — Disposition imaginée par Faraday pour constater le passage d'un courant et fondée sur la facile électrolyse de l'iodure de potassium, qui donne une tache bleu foncé au pôle positif.

VOLT-COULOMB. — Syn. de joule. C'est l'unité pratique de travail, c'est-à-dire le travail produit par un coulomb sous une différence de potentiel de 1 volt. Le volt-coulomb vaut 10^7 ergs, et $\frac{10}{9,80}$ kilogrammètres. (Voy. JOULE (SUPPLÉMENT) et UNITÉS.)

VOLTMÈTRE. — Ampèremètre étalonné pour permettre de mesurer en volts les forces électromotrices et les différences de potentiel. Soient deux points A et B ayant une différence de potentiel ε ; si on les réunit par un conducteur comprenant un galvanomètre, ce conducteur deviendra le siège d'un courant dont le galvanomètre fera connaître l'intensité. Mais, en général, l'établissement même du conducteur aura diminué la différence de potentiel entre A et B. Cependant, si le galvanomètre a une résistance considérable, cette modification sera peu sensible, et l'on aura à peu près

$$I = \frac{\varepsilon}{R},$$

R étant la résistance interposée. En plaçant le même galvanomètre entre deux autres points C et D dont la différence de potentiel est ε', on aura encore sensiblement

$$I' = \frac{\varepsilon'}{R}.$$

Les indications seront donc proportionnelles aux différences de potentiel, et pourront les mesurer en volts. Mais on voit que les voltmètres doivent nécessairement avoir une très grande résistance.

De même, si l'on réunit l'instrument aux deux pôles d'une pile dont la force électromotrice est E et la résistance r, on aura

$$I = \frac{E}{R + r}.$$

Pour une autre pile, on aura de même

$$I' = \frac{E'}{R + r'}.$$

Si la résistance R du galvanomètre est très grande, ainsi que nous l'avons supposé, on peut négliger r et r' et l'on a sensiblement

$$I = \frac{E}{R}$$

et

$$I' = \frac{E'}{R}.$$

Les déviations feront donc connaître les forces électromotrices.

Un voltmètre est donc un ampèremètre de très grande résistance, et tous les ampèremètres peuvent servir, sous cette condition, à mesurer les forces électromotrices.

Certains instruments portent deux circuits enroulés ensemble, l'un très peu résistant, formé souvent de quelques tours d'une bande de cuivre, pour la mesure des intensités, l'autre très résistant, formé d'un fil de cuivre long et fin, qui sert à la mesure des forces électromotrices. Tel est l'ampèremètre de M. M. Deprez (fig. 46, p. 39).

Dans d'autres modèles au contraire, on construit séparément des appareils d'une faible résistance pour les intensités, et d'autres très résistants, destinés à servir spécialement de voltmètres. Ainsi sir W. Thomson a construit un voltmètre semblable à l'appareil représenté (page 40, fig. 47); mais la bobine est formée d'un fil fin en maillechort ayant plus de 2 kilomètres de longueur et faisant 7000 tours. La résistance dépasse 7000 ohms. Pour mesurer des différences de potentiel supérieures à 10 volts, on ajoute à l'appareil un aimant directeur, on met le voltmètre en dérivation, et l'on éloigne l'aiguille mobile, de manière à avoir une déviation de grandeur convenable. Pour les différences plus petites que 10 volts, on supprime l'aimant directeur et l'on oriente l'instrument de manière à amener l'index au zéro de la graduation.

De même encore les voltmètres de MM. Deprez et Carpentier, de M. Desruelles, de MM. Ayrton et Perry, de MM. Woodhoouse et Rawson ont extérieurement le même aspect que les ampèremètres correspondants : ils n'en diffèrent que par leur très grande résistance ; il est donc inutile d'insister sur leur description.

Le voltmètre Hummel (fig. 1072), construit par M. Fabius Henrion, de Nancy, se compose d'un solénoïde dans l'intérieur duquel se déplace une lame de fer doux très mince en forme de gouttière, portant une aiguille mobile sur un cadran divisé. Cette lame est parallèle à l'axe du solénoïde et le tout est mobile autour d'un axe placé excentriquement. Lorsque le courant passe, la lame de fer est attirée et tend à se rapprocher de la partie du solénoïde la plus voisine, entraînant l'aiguille, qui fait contrepoids. Le système se met en équilibre sous la double influence de l'action électromagnétique et de la pesanteur. La graduation est empirique, et les divisions ne sont pas proportionnelles dans toute l'étendue de l'échelle. On con-

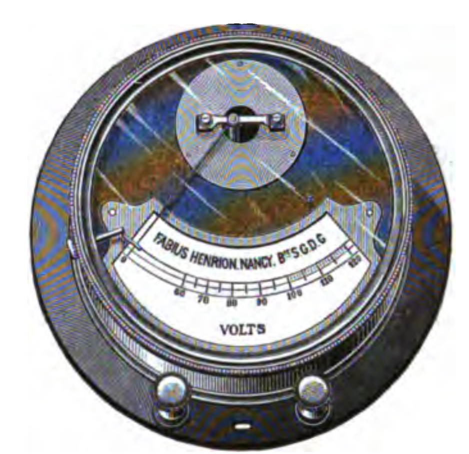


Fig. 1072. — Voltmètre Hummel.

struit sur le même principe des ampèremètres allant de 1 à 1000 ampères.

Dans le voltmètre de M. Bardon, comme dans



Fig. 1073. — Voltmètre Bardon.



Fig. 1074. — Voltmètre (Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft).

plusieurs de ceux qui précèdent, on a supprimé les aimants permanents, pour éviter les erreurs dues aux changements d'état magnétique. Il est formé d'un solénoïde à fil fin (fig. 1073), au centre duquel pénètre une lame de fer doux en forme de faux, entraînant une aiguille sur laquelle elle est fixée, et qui se meut sur un cercle gradué. C'est le poids du système mobile qui produit l'effort antagoniste à l'action du solénoïde mobile, et le zéro est déterminé par la position d'équilibre de ce système. La résistance de la bobine (5000 à 6000 ohms) est assez grande pour qu'on puisse le laisser en circuit sans crainte d'échauffement. M. Bardon construit sur le même principe un ampèremètre que nous n'avons pas décrit et qui ne diffère du voltmètre que par sa faible résistance.

Le voltmètre de la Société alsacienne de constructions mécaniques se compose d'un solénoïde très énergique, qui attire deux petites



barrettes de fer doux, d'un poids si faible que le magnétisme rémanent qu'elles peuvent conserver est négligeable en comparaison de l'aimantation produite par le solénoïde. Une bobine d'une construction spéciale, en maillechort, sert à réduire au minimum l'influence de la température. Le mouvement des barrettes est transmis à un axe portant une aiguille indicatrice qui se meut sur un cadran; ces parties mobiles sont disposées de façon que la pesanteur fasse équilibre à l'attraction magnétique. Un bouton moleté porte une petite tige qui sert à immobiliser l'équipage mobile pendant le transport. L'appareil est fixé sur une paroi verticale de sorte que l'aiguille s'arrête au zéro.

Le voltmètre (fig. 1074), construit par la *Allgemeine Electricitäts Gesellschaft*, de Berlin, comprend un solénoïde relativement grand, entouré presque entièrement de fil de maillechort, et qui agit sur un faisceau de fils de fer extrêmement minces. Ce faisceau est mobile autour d'un axe, avec lequel il forme un certain angle, et qui est lui-même normal à l'axe du solénoïde. La longueur, le nombre et l'arrangement des fils de fer varient suivant que l'instrument est destiné à mesurer des volts ou des ampères, et que l'on désire une graduation proportionnelle sur tout le cadran, ou seulement des divisions très larges et uniformes dans le voisinage d'un certain nombre de volts ou d'ampères. La moindre variation de potentiel produit des déplacements relativement grands de l'index. L'emploi du maillechort et la grande surface de refroidissement de la bobine rendent l'appareil à peu près indépendant des changements de température.

Le voltmètre de Ross est constitué par un solénoïde en forme d'arc de cercle, dans lequel pénètre un tube en fer de même forme, supporté par une tige mobile autour d'un point fixe. Cet équipage porte en outre un index qui se déplace sur un cadran. Sous l'influence du courant, le tube de fer est attiré dans le solénoïde; la pesanteur fait équilibre à cette action. Le fil du solénoïde est en maillechort, et la résistance est assez grande pour qu'on puisse laisser l'appareil en circuit sans craindre l'échauffement. On peut ajouter deux lampes de couleur différente, qui s'allument lorsque la différence de potentiel tend à sortir des limites fixées, dans un sens ou dans l'autre.

Il existe beaucoup d'autres voltmètres industriels, dans lesquels on a écarté l'emploi des aimants permanents, pour empêcher le déplacement de la graduation avec le temps. Ils sont trop nombreux pour que nous puissions les décrire tous. Le principe est le même, et ces appareils ne diffèrent que par des détails.

Le voltmètre-balance, de MM. Drake et Gorman, employé en Angleterre par la *Electrical Power Storage C°*, est formé d'une bobine fixe, renfermant un noyau de fer doux, qui attire une armature de même métal, suspendue à l'extrémité d'une balance romaine. Sur l'autre bras du fléau se meut un contre-poids, qu'on déplace jusqu'à ce qu'il fasse équilibre à l'action électromagnétique. La graduation se fait empiriquement. Il existe un ampèremètre analogue.

Un certain nombre de voltmètres se rapprochent des électrodynamomètres. Ainsi le voltmètre de MM. Siemens et Halske est composé d'une grande bobine circulaire fixe et horizontale, et d'une bobine mobile plus petite, portée par des couteaux, qui fait, au repos, un angle d'environ 60° avec la bobine fixe. Sous l'influence du courant, la bobine mobile tend à se placer parallèlement à l'autre; la pesanteur fait équilibre à l'action électrodynamique. A cette bobine est fixé un index mobile sur un cadran de verre dépoli. Cet appareil est très sensible.

Sir W. Thomson a imaginé récemment un voltmètre formé également de deux bobines: l'une est plate et fixée sur une lame d'ébonite. Une aiguille, mobile sur deux couteaux, porte à la partie supérieure l'autre bobine, qui est à fil fin; elle est munie en outre de deux bras, sur chacun desquels peut glisser un petit poids: l'un sert au réglage, et l'autre à modifier la sensibilité. La graduation se fait avec un voltmètre étalonné.

Le voltmètre de Cardew est fondé sur un principe tout différent : il utilise l'échauffement d'un fil fin par le courant et la dilatation qui en résulte. Cet échauffement est proportionnel à eI, I étant l'intensité, e la différence de potentiel entre les deux extrémités du conducteur. L'instrument se gradue par comparaison avec un voltmètre étalonné. Un fil de platine, de 3,60 m. de longueur et de 0,063 mm. de diamètre, est fixé aux deux bornes de l'appareil; pour diminuer le volume, ce fil est replié plusieurs fois sur lui-même et passe sur trois poulies. Les deux poulies extrêmes sont fixes, mais la poulie intermédiaire est attachée à une tige terminée par un fil qui s'enroule deux fois sur une roue dentée, et qui est ensuite tendu par un ressort. Quand le fil de platine se dilate, le ressort tire l'autre fil et fait tourner la roue dentée. Celle-ci engrène avec une autre roue

plus petite qui porte l'index mobile. Le voltmètre Cardew est assez employé en Angleterre et en Allemagne.

MM. Ayrton et Perry ont modifié récemment ce voltmètre. Le fil est tendu horizontalement en ligne droite. En son milieu est attaché un ressort spiral, qui est suspendu verticalement à l'extrémité d'un fil fin et porte à son extrémité supérieure l'index, mobile sur un cadran horizontal. Quand le fil se dilate, le ressort se détend et fait tourner l'index.

Enfin nous rappelons qu'on peut mesurer les différences de potentiel avec les électromètres. Ces appareils sont très précis, mais ils conviennent surtout aux laboratoires et sont trop délicats pour la pratique industrielle.

On peut cependant employer dans ce cas le *voltmètre électrostatique* de sir W. Thomson, qui est formé de deux plaques verticales et parallèles, fixes, entre lesquelles peut tourner une plaque mobile autour d'un axe horizontal. Chacune des plaques fixes a la forme de deux secteurs de 90° accouplés par le sommet. La plaque mobile présente à peu près la forme d'un 8, comme l'aiguille de l'électromètre à quadrants. Au repos, cette plaque est verticale; elle porte à son extrémité supérieure un index mobile, et à l'extrémité inférieure un contre-poids. Elle tourne dans un plan vertical parallèle aux plaques fixes. Ces dernières sont reliées aux deux points dont on veut connaître la différence de potentiel. On fait varier la sensibilité en changeant le contre-poids.

VOTER (MACHINE A). — Le mode de votation ordinaire exige beaucoup de temps dans les assemblées un peu nombreuses. On a cherché à simplifier l'opération par l'emploi de différentes dispositions électriques et mécaniques.

En 1849, M. Martin de Brettes a proposé de placer devant chaque membre deux boutons électriques, l'un blanc, l'autre noir, fermant des circuits qui aboutissent à un tableau enregistreur. Un indicateur autographique et un contrôleur mécanique complètent l'installation.

M. Jacquin a proposé en 1875 à l'Assemblée nationale l'emploi de deux récipients, contenant chacun un certain nombre de boules de même poids. Pour voter, on presse un bouton qui laisse échapper une seule boule de l'une des boîtes : les boules de même espèce viennent se réunir dans un entonnoir, et l'on connaît leur nombre par l'augmentation de poids. Un enregistreur électrique est joint à l'appareil.

M. Saint-Ange Davillé dispose devant chaque votant trois boutons semblables à ceux des sonneries; l'un est destiné aux votes *pour*, le second aux votes *contre* et le troisième aux abstentions. Ces boutons communiquent respectivement avec les cases correspondant à trois tableaux analogues aux tableaux indicateurs.

Lorsqu'un votant appuie sur un bouton, il lance le courant d'un élément Leclanché dans un électro-aimant fixé sur le tableau récepteur correspondant. Cet électro-aimant attire son armature; ce mouvement dégage une bille qui tombe dans un tube de 1 centimètre de diamètre. En même temps, l'armature fait basculer un levier portant sur un petit drapeau le nom du votant, et ce nom apparaît devant l'ouverture correspondante.

Toutes les billes du même tableau se réunissent sur un plan incliné et s'engagent dans un tube, qui porte des divisions indiquant immédiatement le nombre de ces boules. On remet en place les leviers déclenchés en passant sur l'appareil une règle un peu forte.

Dans les votes secrets, on masque chaque tableau avec un couvercle opaque. Ce couvercle porte à l'intérieur la règle destinée à rabattre les leviers, et qui se manœuvre de l'extérieur. De plus, pour qu'on ne puisse pas connaître le vote de chacun d'après les billes disparues, on fait écouler toutes les billes qui restent avant de démasquer les tableaux.

M. P. Le Goaziou a proposé en 1888 une machine qui permet de compter très rapidement les votes pour et contre, et qui rend impossible toute espèce d'erreur ou de fraude.

Devant chaque votant est disposée une manette, qui peut se placer sur deux boutons marqués : *Pour* et *contre*, ou rester entre les deux pour l'abstention.

Les axes des manettes sont tous reliés à des secteurs métalliques disposés en cercle sur un même plateau vertical ; une bande de cuivre circulaire et continue est placée concentriquement à la ligne des secteurs. Sur ce plateau peut tourner un levier portant deux frotteurs, qui passent l'un sur le cercle continu, l'autre sur les secteurs. Le cercle est relié d'une façon continue avec une pile : les frotteurs, qui communiquent l'un avec l'autre, mettent donc successivement, en un tour complet du levier, tous les secteurs, et par suite toutes les manettes, en rapport avec la pile.

A chaque vote, on fait faire au levier un seul tour. Chaque votant dispose donc un instant d'un courant, qu'il envoie, suivant la position donnée à la manette, dans l'un ou l'autre de

deux circuits identiques, destinés à enregistrer; l'un les votes pour, l'autre les votes contre. Chacun de ces circuits se divise en deux dérivations d'égale résistance : l'une comprend l'électro-aimant d'un compteur qui totalise les votes, l'aiguille avançant d'une dent à chaque courant. L'autre contient un électro-aimant, dont l'armature commande un style qui trace un trait sur un cylindre tournant.

Ce cylindre est couvert d'une feuille de papier sur laquelle on a imprimé plusieurs fois la liste complète des votants. Le cylindre fait, à chaque vote, un tour entier dans le même temps que le levier du plateau distributeur, et les noms des votants passent successivement entre les styles des deux électro-aimants enregistreurs. Suivant la nature du vote, l'un ou l'autre de ces styles trace un trait, qui se trouve à gauche du nom dans un cas, à droite dans l'autre. Il n'y a donc à craindre aucune confusion. Pour procéder à un second vote, on fait glisser un peu le cylindre sur son axe, et une nouvelle liste de noms vient se placer entre les deux styles. Enfin, si le scrutin doit être secret, on coupe, à l'aide d'interrupteurs, les deux dérivations des électro-aimants enregistreurs.

En cas d'abstention, la manette n'envoie aucun courant.

On peut obtenir après chaque vote le rappel automatique de toutes les manettes à l'isolement. Dans ce cas, chaque manette, disposée dans un plan vertical, porte un contre-poids suffisant pour la ramener sur la verticale et un anneau de fer doux. Un électro-aimant est placé en regard de la manette. Au moment du vote, le président ferme un circuit comprenant tous les électro-aimants des transmetteurs. L'anneau de fer doux s'aimante et l'attraction de l'électro-aimant est assez forte pour maintenir la manette dans la position où le votant l'amène, sans pouvoir cependant empêcher la manœuvre. Après le vote, on ouvre le circuit, et toutes les manettes reprennent la position verticale.

La seule fraude qui soit possible avec cet appareil consisterait à réunir les deux boutons pour et contre par une pièce métallique, afin d'augmenter le nombre des votes : elle serait décelée par l'examen de la liste des votants. D'ailleurs M. Le Goaziou a imaginé une disposition qui rend cette fraude impossible, même dans le cas du scrutin secret.

Enfin on peut ajouter un compteur supplémentaire et un troisième électro-aimant enregistreur pour tenir compte des abstentions (V. *Lumière électrique*, 22 octobre 1888).

VULCANITE. — Substance isolante, qui est composée d'ébonite colorée par du vermillon, du sulfure d'antimoine, etc.

W

WAGON DYNAMOMÉTRIQUE. — Wagon renfermant des appareils destinés à étudier les différents phénomènes de la traction. Nous décrirons les wagons employés par les Compagnies du Nord et de l'Est, d'après les notices publiées par ces Compagnies.

Le wagon dynamométrique de la Compagnie du Nord contient quatre enregistreurs, qui inscrivent leurs tracés sur une même bande de papier. Ce papier, emmagasiné sur une bobine, passe entre deux cylindres formant laminoir, qui l'entraînent dans leur mouvement, et vient s'enrouler sur une seconde bobine.

Le mouvement du laminoir s'obtient au moyen d'une commande par courroie sur l'essieu d'avant du wagon; une vis sans fin et une série d'engrenages réduisent la vitesse dans le rapport de 141 millimètres par kilomètre. Le papier avance donc proportionnellement à la vitesse du train dans une direction perpendiculaire au grand axe du wagon. Un embrayage permet d'isoler le laminoir de la poulie de commande et par suite d'arrêter à volonté le déroulement du papier.

Cette bande de papier reçoit les signaux tracés par quatre styles *a*, *b*, *c*, *d* (fig. 1075) disposés verticalement sur une même ordonnée, suivant l'axe principal du wagon, et qui enregistrent simultanément les efforts de traction, la position des poteaux hectométriques, le temps écoulé, les tours de roues effectués par l'essieu commandant l'entraînement du papier. Un cinquième style *f*, fixe, trace un trait continu, correspondant à l'origine des ordonnées qui indiquent les efforts de traction.

L'évaluation de ces efforts s'obtient au

-moyen d'un ressort dynamométrique à lames, fixé à la tige de traction du wagon. Pour diminuer le frottement et rendre plus sensibles les plus faibles flexions de ce ressort, la tige de traction ainsi que la portion mobile du ressort se meuvent sur des galets. La transmission des déplacements de la chappe du ressort au style *a*, chargé de les inscrire sur la bande de papier, se fait par l'intermédiaire d'une tige verticale EE' (fig. 1076) et d'une bielle horizontale G,

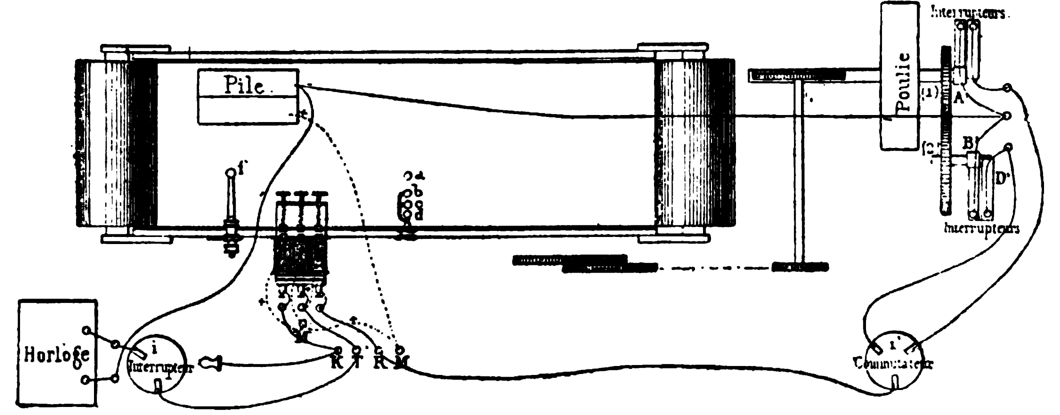


Fig. 1075. — Wagon dynamométrique du chemin de fer du Nord

à double articulation, commandant un chariot F, porteur du style *a*. Ce dernier se meut entre deux glissières horizontales fixées au bâti de l'appareil; ces glissières, en forme de queue d'aronde, ne permettent au chariot qu'un mouvement d'avance ou de recul, et l'empêchent de tressauter sous l'influence des trépidations du wagon, condition indispensable pour la conservation du crayon et la netteté du trait.

La position des poteaux hectométriques est

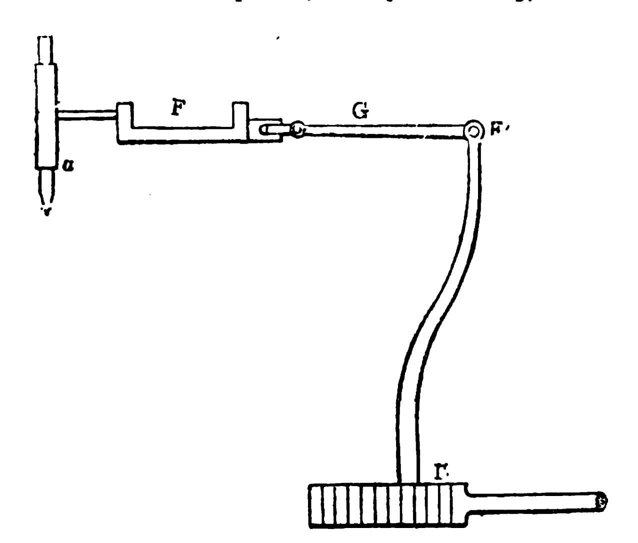


Fig. 1076. — Enregistrement des efforts de traction.

enregistrée par le style *b* (fig. 1077), qui est fixé à l'extrémité d'un levier pouvant osciller autour d'un axe vertical *xy*. L'autre extrémite porte l'armature d'un électro-aimant K, qui communique avec une pile et un interrupteur mobile, formé d'une poire en caoutchouc placée à l'avant du wagon, et manœuvré par un observateur qui surveille la voie. Tant que l'appareil est au repos, le style *b* trace un trait rectiligne. Lorsque le wagon passe devant un poteau hectométrique, l'observateur lance un courant dans l'électro-aimant K; le levier oscille et le style *b*

inscrit un petit trait perpendiculaire à la ligne primitive. En prolongeant un peu le contact, on peut donner à ces petits traits des longueurs inégales, et par suite des significations différentes.

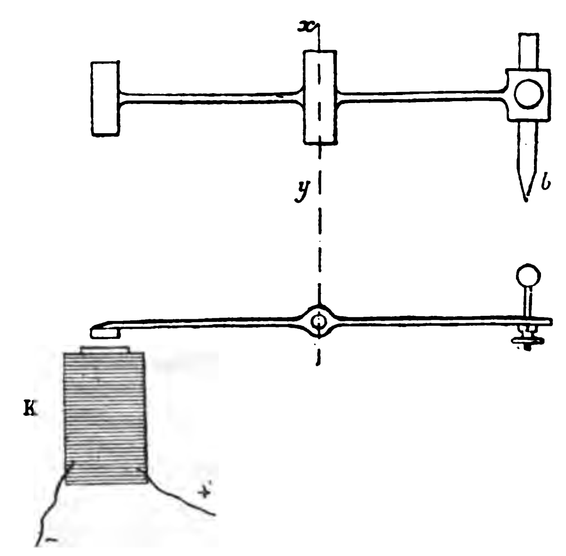


Fig. 1077. — Enregistrement de la position des poteaux hectométriques (Compagnie du chemin de fer du Nord).

On peut distinguer ainsi les poteaux hectométriques, les poteaux kilométriques, les aiguilles, les bifurcations, etc.

Le style *c*, qui enregistre le temps, est disposé comme le précédent, mais l'électro-aimant, au lieu d'être actionné à la main, est

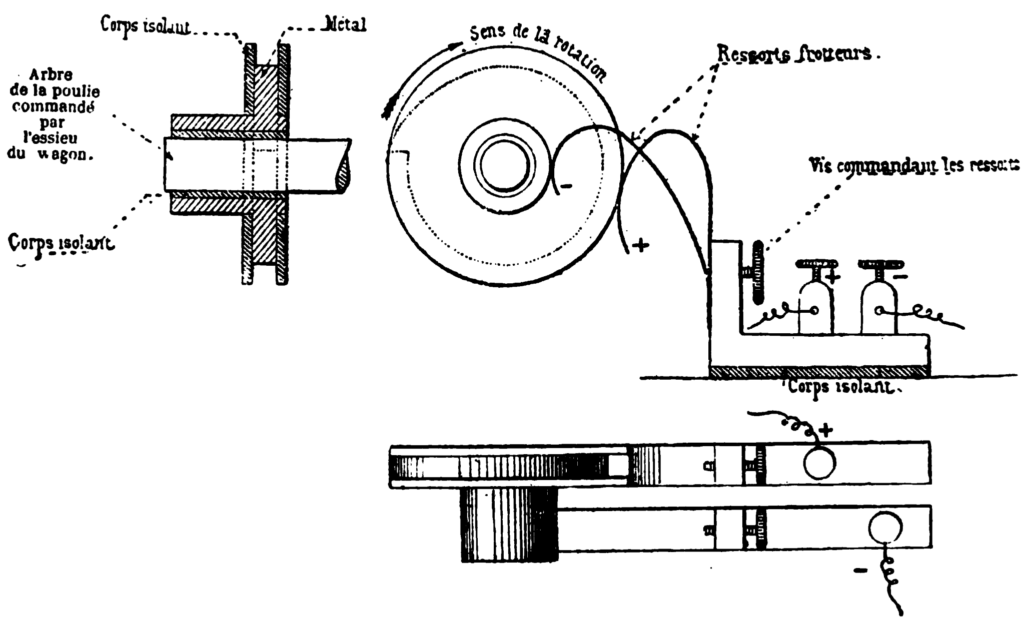


Fig. 1078. — Enregistrement des tours de roue (Compagnie du chemin de fer du Nord).

sous la dépendance d'une horloge qui lance un courant toutes les dix secondes.

Le style *d* est encore installé de la même façon et commandé par un troisième électro-aimant, dont le circuit comprend deux interrupteurs représentés (fig. 1078) et disposés de

telle sorte que, suivant qu'on met l'électro en communication avec l'un ou l'autre de ces interrupteurs, on obtient à volonté un contact,

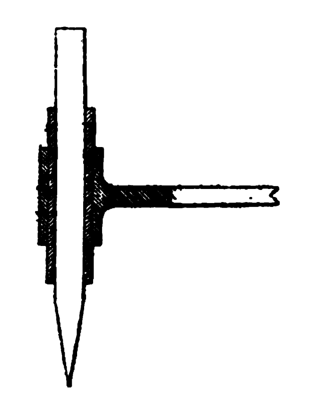


Fig. 1079. — Disposition des styles enregistreurs.

soit à chaque tour de la roue du wagon, soit tous les deux tours seulement. Un commutateur permet d'effectuer cette manœuvre instantanément.

Les trois bobines précédentes sont disposées l'une au-dessus de l'autre sur le même axe vertical xy; les trois électro-aimants sont fixés sur une même plaque appartenant au bâti de l'appareil.

Les styles sont formés de tubes creux en verre, effilés à la partie inférieure (fig. 1079). Chacun de ces tubes est fixé dans un étui métallique, glissant à frottement doux dans une gaine verticale fixée au levier. Le poids du tube appuie la pointe sur le papier. Les tubes contiennent une encre très liquide (eau colorée par la fuchsine) qui s'écoule par capillarité.

La bande de papier présente finalement l'aspect de la figure 1080. Ces indications, obtenues automatiquement, permettent de déduire, par un simple travail de bureau, une série de résultats très intéressants et parfaitement exacts, car la disposition même de l'appareil empêche de laisser passer une erreur.

Ce système peut servir aussi à l'étude du patinage des locomotives. On supprime la communication de l'électro-aimant qui commande le

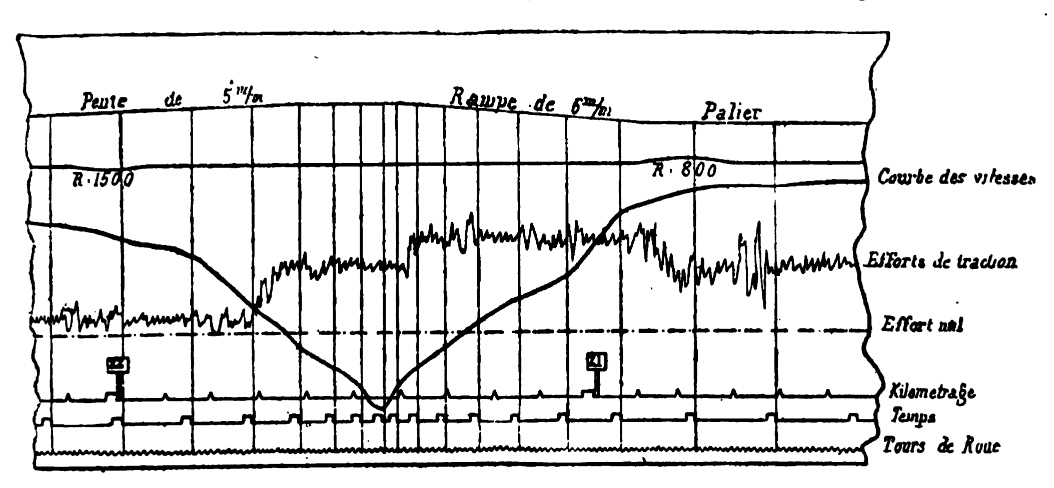


Fig. 1080. — Aspect des indications enregistrées.

style avec la roue du wagon, et on le met en rapport avec celle de la locomotive. On a constaté que le patinage des machines d'express de la compagnie du Nord est presque nul.

On trouvera à l'article Indicateur de pression l'appareil employé par la compagnie du Nord pour étudier le travail de la vapeur sur les pistons.

Le wagon dynamométrique de la Compagnie du chemin de fer de l'Est est muni d'un châssis très solide, en fer, spécialement approprié à sa destination.

L'appareil de choc et de traction destiné à la mesure des efforts développés sur la barre d'attelage pour la traction, ou des chocs produits sur les tampons pendant les périodes d'arrêt, est parfaitement mobile dans ses guides et supports, pour annuler autant que possible l'influence des frottements. Dans ce but, on a substitué aux appareils ordinaires de guidage d'autres dispositifs, munis de galets horizontaux et verticaux.

Le ressort dont la flexion doit mesurer les efforts de traction se compose de quatorze lames, divisées en deux groupes de sept, d'une puissance de 10000 kilogrammes, et dont les



flexions s'ajoutent pour la facilité des observations. Ces ressorts s'appuient sur de petits supports à galets. A la chape du ressort d'avant s'attache la tige de traction; sur celle du ressort d'arrière agit une sorte de joug, sur les extrémités duquel appuient les tiges des tampons.

Entre les deux ressorts est intercalée une masse fixée rigidement au châssis, dont les deux faces opposées servent de points d'appui aux ressorts dans la flexion qu'ils prennent sous l'action des efforts de sens contraire, traction ou poussée, qui les sollicitent.

Ces flexions se transmettent, au moyen de bielles et de leviers de renvoi, à un crayon qui trace une courbe sur une bande de papier se déroulant, comme dans l'appareil précédent, d'un mouvement proportionnel à la marche du train. Le crayon inscrit des ordonnées proportionnelles aux efforts de traction. La surface comprise entre la courbe, la droite correspondant à un effort nul et deux ordonnées représente le travail produit pendant le temps correspondant à la distance des deux ordonnées. Des dispositions particulières permettent de mettre en marche ou d'arrêter l'appareil enregistreur, d'éviter les chocs à la mise en marche, enfin de transformer le mouvement du wagon soit en avant, soit en arrrière, en un mouvement du papier toujours de même sens. Le même arbre qui entraîne le papier fait mouvoir aussi divers autres appareils : compteur kilométrique et hectométrique, enregistreurs et indicateurs de vitesse, totalisateur de travaux, etc. Un enregistreur commandé par une horloge à remontoir électrique, de M. Barbey, inscrit un trait toutes les dix secondes.

« Le travail de la vapeur sur les pistons de la locomotive a été évalué jusqu'à ce jour au moyen des diagrammes relevés avec des indicateurs placés immédiatement au-dessus des cylindres de la locomotive, ce qui n'était pas sans présenter de nombreuses difficultés, un certain danger même, aux grandes vitesses.

« Les résultats fournis par la plupart de ces appareils renferment en outre des erreurs provenant de l'inertie des pièces, qui peuvent être considérables lorsque la vitesse du piston atteint une valeur un peu grande. Le but que l'on s'est proposé dans les appareils destinés à relever le travail de la vapeur a donc été :

« 1° De faire ce relevé à distance;

« 2° De s'affranchir des causes d'erreurs provenant de l'inertie des organes de l'indicateur;

« 3° De relever le travail de la vapeur simultanément sur les quatre faces des pistons.

« Les appareils employés dans ce but sont basés sur l'emploi de l'air comprimé et de l'électricité : ils ont été étudiés et exécutés par les agents de la Compagnie de l'Est sur des données théoriques fournies par M. Marcel Deprez.

« Deux tableaux destinés à recevoir le tracé des courbes manométriques, dont la surface représente le travail de la vapeur sur les quatre faces des pistons, reçoivent un mouvement alternatif, qui doit être la reproduction exacte et synchrone de celui des pistons de la locomotive. Ces tableaux empruntent leur mouvement à l'essieu du wagon par l'intermédiaire d'engrenages, de bielles et de manivelles destinés à transformer le mouvement de rotation continu de l'essieu en un mouvement de va-et-vient, d'une amplitude proportionnelle à la course des pistons. Le nombre de tours de l'essieu restant constant pour une même vitesse kilométrique, tandis que le nombre des coups de piston varie avec le diamètre des roues motrices de la locomotive, on a dû intercaler une série d'engrenages permettant d'obtenir l'égalité entre les allées et venues des tableaux et le nombre des coups de piston des différentes locomotives sur lesquelles on veut opérer.

« Un appareil correcteur composé de deux jeux d'engrenages différentiels, dont l'un est commandé à la main et l'autre par une roulette animée d'une vitesse variable, à la volonté de l'opérateur, suivant la distance qu'elle occupe par rapport au centre d'un disque en mouvement, permet d'obtenir le synchronisme exact des oscillations des tableaux et de celles des pistons de la machine. La combinaison d'une lampe, d'un miroir, de prismes, de lentilles et d'un écran qui disparaît sous l'action d'une commande électrique à l'instant précis où le piston arrive en un point déterminé de sa course, produit une étincelle lumineuse qui permet de reconnaître si le synchronisme est établi.

« Les tableaux reproduisant exactement le mouvement des pistons, il reste à tracer à leur surface la courbe des pressions successives de la vapeur dans les cylindres. Ce résultat s'obtient au moyen d'un indicateur manométrique et d'explorateurs placés sur les deux faces de chaque cylindre, et fonctionnant sous l'action de l'air comprimé. Les explorateurs sont de petits cylindres munis d'un piston très léger et susceptible de se déplacer d'une très petite quantité, sous l'influence d'une très

faible différence des pressions qui agissent sur ses deux faces. L'air comprimé à une pression supérieure à la plus forte pression de vapeur à mesurer est obtenu au moyen d'une pompe à air, commandée par un excentrique calé sur l'un des essieux du wagon, et accumulé dans un réservoir où on le prend pour le fonctionnement des appareils. Cet air est amené dans un espace avec lequel communiquent, par une série de tuyaux, d'une part l'indicateur manométrique, d'autre part les explorateurs. Ces appareils sont donc, au même instant, soumis à la même pression d'air, que l'on peut maintenir constante, ou que l'on fait décroître d'une manière continue jusqu'à la pression atmosphérique, en agissant sur le ressort de l'indicateur et en faisant échapper l'air.

« Des enregistreurs électriques, reliés au ressort de l'indicateur, occupent donc successivement, devant les tableaux, une hauteur qui dépend de la tension de l'air comprimé.

« Si, d'autre part, un courant électrique est lancé dans les électro-aimants de ces enregistreurs, au moment précis où la pression dans le cylindre est égale à celle de l'air comprimé dans l'indicateur, on obtiendra sur le tableau une série de points qui indiquent, par leur position, la pression dans le cylindre à un instant déterminé de la course du piston. Dans ce but, le piston de l'explorateur est relié à un enregistreur électro-magnétique, qui donne un signal chaque fois que l'équilibre entre les pressions qui le sollicitent sur ses deux faces est rompu. Ces pressions étant, d'une part, celle de l'air comprimé, d'autre part, celle de la vapeur dans le cylindre, le passage du courant marquera sur le tableau un point, dont l'ordonnée mesurera la pression de la vapeur dans le cylindre, à l'instant précis où il a été produit.

« En opérant sur une série de coups de piston successifs, on obtient une série de points qui indiquent le contour du diagramme représentant le travail de la vapeur sur les pistons. En employant autant d'explorateurs et d'enregistreurs qu'il y a de courbes à tracer, on peut relever simultanément les diagrammes sur les quatre faces des pistons, tracer la pression de la vapeur dans la chaudière et dans les différents points de son parcours, depuis la chaudière jusqu'aux cylindres, et des cylindres eux-mêmes jusqu'à l'orifice de l'échappement. »

WATT. — Unité pratique de puissance. C'est la puissance capable de produire un travail d'un joule (Voy. Supplément) par seconde, ou la puissance d'un courant d'un ampère sous un volt. Pour cette raison, le watt est quelquefois désigné sous le nom de *volt-ampère*. Le watt vaut 10^7 unités C.G.S. de puissance. Le cheval-vapeur vaut environ 736 watts (Voy. Unités). On a donné quelquefois le nom de watt à l'unité pratique de travail, et le nom de watt-seconde à l'unité de puissance; mais ces dénominations n'ont pas prévalu.

WATTMÈTRE ou VOLTAMPÈREMÈTRE. — Appareil qui mesure l'énergie ou la puissance d'un courant (Voy. Compteur d'électricité).

WAY-DUPLEX. — Voy. Phonoplex.

WEBER. — Ancienne unité d'intensité, qui valait en Angleterre 1 ampère, et en Allemagne $\frac{1}{10}$ d'ampère. On donnait quelquefois le même nom à l'unité de quantité d'électricité. Cette dénomination n'est plus employée depuis l'adoption du système C.G.S.

WHEATSTONE (PONT DE). — Voy. Pont de Wheatstone.

WILDE (MACHINE DE). — Machine dynamo-électrique imaginée par M. Wilde, en 1865, et formée d'une bobine Siemens (fig. 517, p. 452) tournant entre les pôles d'un électro-aimant à deux branches plates et allongées. Cette machine est actionnée par une petite magnéto, formée également d'une bobine Siemens tournant aussi entre les branches d'une série d'aimants en U juxtaposés.

WINTER (ANNEAU DE). — Anneau de fil de fer recouvert de bois, qu'on fixait sur le conducteur des machines électrostatiques pour augmenter leur capacité.

WRAY (COMPOSITION). — Substance isolante formée de gomme laque, caoutchouc saupoudré, silice ou alumine et gutta-percha; cette substance est employée dans la fabrication des câbles.

Z

ZINC. — Métal qui forme ordinairement le pôle négatif des piles hydro-électriques.

Le zinc chimiquement pur pourrait rester indéfiniment dans l'eau acidulée sans être attaqué à circuit ouvert. Il n'en est pas de même pour le zinc du commerce, qui renferme toujours d'autres métaux et notamment de l'arsenic, du cadmium, du plomb. Ceux-ci forment avec le zinc de petits couples locaux dans lesquels ce dernier est l'élément attaquable. Ces petits couples sont toujours en circuit fermé, même lorsque la pile est ouverte, et par suite le zinc est attaqué d'une façon continue, même dans ce dernier cas.

Il serait d'ailleurs impossible d'employer du zinc chimiquement pur à cause de son prix élevé. Kempe a montré qu'on obtient les mêmes résultats avec le zinc amalgamé. On doit donc se servir toujours dans les piles de zincs amalgamés. Nous avons indiqué au mot Pile (Entretien des piles hydro-électriques) les différentes manières d'amalgamer les zincs. Nous ajouterons que l'on vend souvent les zincs amalgamés dans la masse. Ces zincs sont obtenus en ajoutant environ 4 p. 100 de mercure à du zinc fondu et coulant rapidement dans des moules.

Pôle zinc. — Syn. de Pôle négatif.

ZONE NEUTRE. — Partie d'un aimant dans laquelle il n'y a que peu ou pas de magnétisme libre.

ERRATA

Page 89, fig. 105, *au lieu de :* les contacts *hm* doivent être supprimés, *lisez :* les contacts *m'hm* subsistent seuls.
— 141, 2e colonne, ligne 3, *au lieu de :* emploie depuis 1886, *lisez :* emploie depuis 1882.
— 147, 1re — — 25, et 2e colonne, fig. 173, *au lieu de :* commutateur alsacien, *lisez :* commutateur suisse.
— 187, 1re — — dernière, *au lieu de :* Voy. Télégraphie, *lisez :* Voy. Transmission télégraphique.
— 318, fig. 358, la pile de gauche doit être marquée P'.
— 2e colonne, avant-dernière ligne, *au lieu de :* les résistances de AP'GM, *lisez :* les résistances de AP'M.
— 407, 2e — l'article Joule doit être remplacé par celui du supplément. La définition donnée est celle du Watt.
— 536, 2e — ligne 21, *ajoutez :* Voy. Sismographe.
— 731, 1re — — 36, *après :* un procédé plus récent, *ajoutez :* dû à MM. Worms et Balé.
— 811, 2e — — 48, *au lieu de :* (fig. 956), *lisez :* (fig. 955).
— 812, 1re — — 10, *au lieu de :* on les renfermes, *lisez :* on les renferme.

SUPPLÉMENT

A

ABATAGE DES ARBRES PAR L'ÉLECTRICITÉ. — Dans les grandes forêts de la Galicie, on abat les arbres d'essence tendre à l'aide d'une tarière animée par un moteur électrique, et possédant à la fois un mouvement de rotation et un mouvement alternatif de va-et-vient. L'appareil est monté sur un chariot qui permet de le faire tourner autour de l'arbre. On fait ainsi plusieurs trous, puis l'on achève de couper à la hache. Le travail est très rapide.

On a essayé en Amérique de scier les arbres avec un fil porté au rouge par un courant. Ce procédé ne semble pas avoir réussi.

ACCIDENTS PAR L'ÉLECTRICITÉ. — Le dimanche 23 novembre 1890, à deux heures de l'après-midi, M. G..., maréchal des logis de dragons, en garnison à Nancy, descendait la rue du faubourg Saint-Jean, suivi d'un soldat, monté également sur un cheval et en conduisant un autre par la bride. En arrivant devant la porte Stanislas, le cheval conduit en main par l'ordonnance passa sur une plaque de fonte fermant l'un des regards de la canalisation d'électricité. En touchant cette plaque, il fit un saut brusque et tomba raide mort. L'autre cheval, qui n'avait posé qu'un pied sur la plaque de fonte, fit seulement un écart et renversa son cavalier.

Cet accident s'explique par ce fait que la canalisation de Nancy, qui reçoit des courants alternatifs à 2400 volts, est encore formée en partie par des câbles anciens, insuffisamment isolés. Ce sont des câbles *concentriques*, c'est-à-dire renfermant les deux conducteurs dont l'un forme l'axe du câble, tandis que l'autre forme une enveloppe concentrique au premier et séparée de lui par une couche isolante. Dans les premiers câbles, la substance isolante était du jute ; mais, cet isolant ayant laissé beaucoup à désirer, on le remplaça ensuite par du caoutchouc. On conserva cependant une partie de l'ancienne canalisation.

Pour établir les dérivations, on dénude les extrémités des conducteurs et on les réunit par des pinces spéciales ; ces joints sont faits dans l'intérieur de boîtes de jonction, que l'on remplit ensuite de brai. Les boîtes de jonction sont placées dans des cavités fermées par des plaques de fonte. C'est une de ces plaques qui a provoqué l'accident. Il est probable qu'un des câbles s'est trouvé par hasard en contact avec la plaque de fonte et l'a portée à un potentiel élevé, cette plaque se trouvant sans doute en communication insuffisante avec le sol.

Cet accident montre avec quel soin doivent être isolés les conducteurs destinés aux courants alternatifs à haute tension. La Compagnie nancéenne d'électricité s'est préoccupée immédiatement d'éviter le retour d'accidents aussi fâcheux.

ACCUMULATEUR ÉLECTRIQUE. — De nouveaux modèles d'accumulateurs surgissent chaque jour, et nous ne pouvons songer à décrire ici tous ceux qui ont paru depuis la publication de notre précédent article.

Nous indiquerons seulement un modèle tout récent, celui de MM. Betts et Cie, de Carcassonne (Aude), construit d'après le système Cheswright.

Dans cet accumulateur, chaque plaque est formée par la juxtaposition de tubes verticaux en plomb pur, raffiné spécialement pour cette application. Ces tubes sont à section rectangulaire et repoussés, sous des pressions considérables, dans une filière qui produit sur les faces extérieures, formées par les grands côtés du rectangle, des nervures voisines en forme de queue d'aronde. La matière active est emprisonnée dans les cavités formées par ces saillies, dont le nombre et la disposition sont différents pour les tubes formant les éléments constitutifs des plaques positives et ceux des plaques négatives.

Les plaques d'un même élément de l'accumulateur sont suspendues au moyen d'un châssis en bois.

La pression considérable employée dans la fabrication de ces éléments (300 à 600 atmosphères) donne au métal un grande homogénéité et empêche la corrosion des supports.

D'après les auteurs, les principaux avantages de ce système sont les suivants :

Grande rigidité des électrodes, qui peuvent être manipulées sans crainte de les déformer.

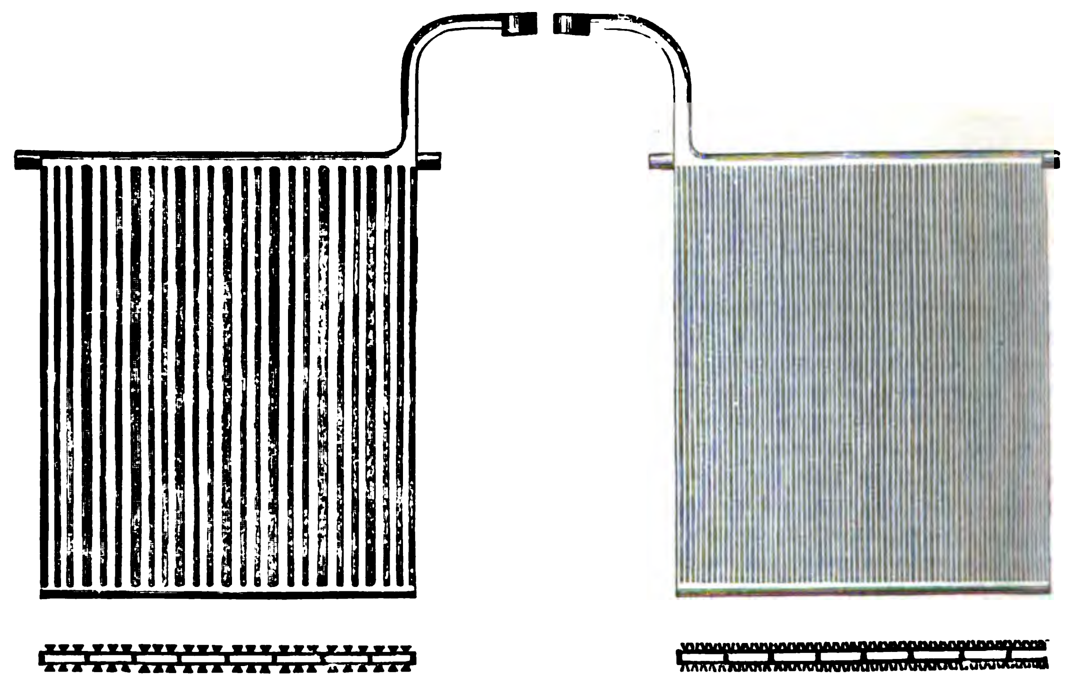


Fig. 1081. — Plaque positive et plaque négative de l'accumulateur Betts.

Grande surface de contact entre la matière active et le support; dans les plaques positives cette surface est égale à quatre fois la surface de l'électrode.

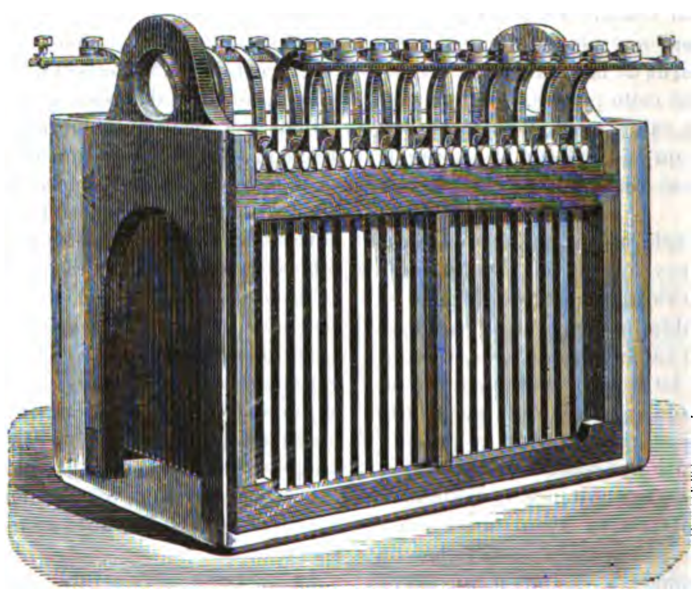


Fig. 1082. — Accumulateur Betts (figure communiquée par Ch. Belleus).

Très grande division de la matière active, ce qui annule les effets de ses modifications de volume.

Absorption complète des gaz libérés par l'électrolyse de l'eau et par suite grand rendement.

Annulation du foisonnemeut des électrodes et chute de la matière active empêchée.

Transformation progressive des électrodes en plaques genre Planté, au fur et à mesure du transport par le courant de la matière active déposée artificiellement.

La grande durée des plaques et le bon rendement de ces appareils sont ainsi réalisés et permettent les applications industrielles dans des conditions de sécurité et d'économie hors ligne.

Le groupement des électrodes formant un élément a été étudié minutieusement de façon a faciliter les manipulations, l'entretien et la surveillance et à avoir un écartement rigoureusement exact des plaques.

La figure 1082 montre l'aspect général de cet accumulateur.

Nous joindrons encore aux nombreuses descriptions d'accumulateurs données plus haut celle d'un modèle breveté récemment par la Société *Helios* à Cologne-Ehrenfeld, et qui repose sur un principe tout différent. C'est un accumulateur thermoélectrique, renfermant un certain nombre de lames de deux métaux différents, aussi éloignés que possible sur l'échelle thermo-électrique, qui sont soudées ou rivées ensemble. Le tout est entouré d'une enveloppe conduisant mal la chaleur, et qui peut s'enlever en face des lignes de jonction des deux métaux. On charge l'appareil en y faisant passer un courant, qui le porte à une température élevée. La chaleur ainsi accumulée peut se conserver assez longtemps, grâce à l'enveloppe; pour décharger l'accumulateur, on ouvre l'enveloppe en face des joints, qui sont refroidis par l'air. Il se produit un courant qui dépend de la nature des métaux, du nombre des soudures et de la température, et qui dure jusqu'au complet refroidissement. Une partie de ce courant peut être employée à régulariser la force électromotrice de la décharge.

AFFINAGE ÉLECTROLYTIQUE. — Nous avons indiqué plus haut le principe de l'affinage électrique, qui est surtout appliqué au cuivre, dans le but d'obtenir du cuivre pur, de très haute conductibilité. Nous ajouterons ici quelques détails sur ce procédé.

La dissolution de sulfate doit être assez chargée pour être bien conductrice. Il faut pour cela qu'elle ait une densité de 1,125, ce qui correspond à 12,5 p. 100 de sulfate anhydre. On doit surveiller l'opération avec beaucoup de soin. Si les plaques ne sont pas bien planes, ou si elles ne sont pas parfaitement équidistantes, si les parois de la cuve ne sont pas suffisamment lisses et propres, il peut se produire en certains points des dépôts rapides qui se rejoignent bientôt, et l'électrolyse s'arrête.

Il suffit ici d'une très faible force électromotrice; il en de même dans tous les procédés où l'on fait usage d'anodes solubles; le travail que nécessite le dépôt du cuivre sur la cathode se trouve en effet compensé par celui qui correspond à la dissolution de l'anode.

Le dépôt est d'autant plus cohérent qu'il s'est formé plus lentement. On ne doit pas dépasser 1/100 de millimètre par heure. Il est bon que l'intensité du courant ne soit pas supérieure à 1 ampère par décimètre carré d'électrode, ou même à 10 ou 20 ampères par mètre carré. Il est avantageux d'employer des électrodes de grandes dimensions et de les placer très près l'une de l'autre, afin de diminuer la résistance. Cette distance ne doit cependant pas être inférieure à 5 centimètres. Si c'est nécessaire, on placera un certain nombre de bains en tension pour que l'intensité ne soit pas trop forte. Ce nombre variera avec la puissance de la machine employée.

Les meilleurs résultats paraissent correspondre à dix bains par cheval vapeur, avec 152 mètres de surface pour chaque électrode. La différence du potentiel est alors de 0,2 volt par bain. Dans ces conditions, on peut obtenir plus de 3 kilogrammes par cheval-heure.

Les frais spéciaux sont assez faibles; la plus grande dépense provient de l'amortissement du matériel : il faut immobiliser un poids de cuivre 50 à 75 fois plus grand que celui produit en vingt-quatre heures.

L'affinage électrolytique présente plusieurs avantages. Il permet d'extraire complètement l'or et l'argent; de plus, il donne du cuivre très pur, contenant au plus 1 à 2 millièmes de matières étrangères et possédant une très grande conductibilité.

Le cuivre électrolytique manque souvent de cohésion, à moins d'effectuer le dépôt avec une telle lenteur que le prix de revient finit par devenir extrêmement élevé. M. William Elmore, de Londres, évite cet inconvénient en déposant le métal sur un manchon cylindrique qui tourne lentement, et le brunissant, à mesure qu'il se dépose, par le frottement sur une agate animée d'un mouvement longitudinal. Les tubes ainsi obtenus se transforment facilement en fils : pour cela, on les découpe en spirale, de façon à former un fil de section carrée, et l'on passe à la filière un grand nombre de fois.

ALCOOLS (RECTIFICATION DES). — M. de Méritens fait disparaître les aldéhydes et acétones qui donnent mauvais goût à l'alcool en électrolysant le liquide additionné de bisulfite de soude, qui augmente la conductibilité du bain et de plus produit par l'électrolyse de l'acide sulfureux, agissant comme réducteur. Les aldéhydes sont réduits et transformés en alcool; l'acide sulfureux se transforme en acide sulfurique, qui se combine avec la soude. M. de Méritens propose d'employer cette méthode pour purifier les alcools et pour retarder la fermentation des jus fermentescibles.

ALTERNATEUR. — Syn. de machine d'induction à courants alternatifs.

ANTHROPOPLASTIE GALVANIQUE. — Procédé de métallisation galvanique imaginé par le Dr Variot et destiné à remplacer l'embaumement des cadavres. Une tentative analogue avait déjà été faite par Soyer en 1854.

Le Dr Variot enduit d'abord le corps d'une solution concentrée de nitrate d'argent, puis il réduit ce sel au moyen de vapeurs émises par une dissolution de phosphore dans le sulfure de carbone. La peau, qui était d'un noir opaque, prend des reflets argentés brillants. Le corps est alors introduit dans un bain galvanoplastique, où il se recouvre d'un dépôt régulier.

L'idée est certainement originale. On peut se demander si elle est bien pratique. Il est à craindre que l'enveloppe métallique n'empêche pas la putréfaction et qu'elle ne finisse par éclater sous la pression des gaz produits. M. Variot propose d'éviter cet inconvénient en incinérant le corps après l'opération galvanique, des trous étant ménagés dans l'enveloppe de métal pour laisser dégager les produits de la combustion.

ASSOMMOIR ÉLECTRIQUE. — MM. J. D. Miller et J. A. Dœfflmyre, de Gunnison (Colorado), ont imaginé un appareil électrique destiné à être employé dans les abattoirs, pour tuer les bêtes sans douleur. La viande des bêtes ainsi mises à mort serait, dit-on, d'une conservation plus facile et, dans le cas du porc, l'électricité tuerait la trichine.

AVERTISSEUR ÉLECTRIQUE. — A New-Haven (Connecticut), les appareils téléphoniques destinés à demander des secours sont complétés par l'avertisseur suivant.

Les candélabres placés dans le voisinage des téléphones municipaux sont pourvus d'un globe transparent de couleur rouge, caché au-dessous du bec de gaz, de l'arc voltaïque ou de la lampe à incandescence. Quand un policeman demande du secours, il fait jouer un électro-aimant qui agit sur un levier; le globe sort de la cavité qu'il occupe et se place autour de la lumière. Ce signal, qui s'aperçoit à une grande distance, hâte l'arrivée des secours attendus et déconcerte inévitablement les malfaiteurs.

Avertisseur électrique de coffre-fort. — La Compagnie des chemins de fer de l'Est emploie un avertisseur de coffre-fort très ingénieux. Cet appareil est fondé sur le système d'alarme de MM. Bablon et Gallet, mais le relais a été modifié par le service télégraphique de la Compagnie. Ce relais est muni d'une armature équilibrée, qui ferme le circuit de la sonnerie d'alarme chaque fois que le courant principal subit une augmentation ou une diminution d'intensité; par suite, il est absolument inutile de dissimuler les fils, car on ne peut les couper ni les réunir sans produire le déplacement de l'armature du relais et sans faire tinter la sonnerie.

Le coffre-fort contient un commutateur interrupteur et une bobine de résistance, mis en circuit avec une pile et le relais.

Ce relais, qui est la partie essentielle de l'appareil, se compose d'un électro-aimant dont les deux bobines sont verticales (fig. 1083). Au-dessus se trouve suspendue une tige horizontale, qui peut tourner autour de son axe, et qui supporte : 1° un cylindre creux en fer doux, servant d'armature à l'électro, et fendu suivant une de ses génératrices pour éviter le magnétisme rémanent; 2° une tige inclinée sur laquelle se déplace un contre-poids ; 3° une fourchette fixée à l'une des extrémités de l'axe, et dont les dents comprennent une lame d'argent fixe. C'est le contact de cette lame avec l'une ou l'autre des dents de la fourchette qui ferme le circuit local de la sonnerie et provoque le tintement.

Sans le contre-poids, l'armature viendrait, par son poids, se placer exactement au-dessus de l'électro, même sans courant; mais le contrepoids tend à l'en éloigner. A l'état normal, l'appareil est parcouru par un courant d'une certaine intensité, et l'on règle le contre-poids de façon que, sous la double action de ce courant normal et de la pesanteur, le cylindre armature soit à peu près au milieu de sa course. On règle en outre la fourchette de façon qu'aucune de ses branches ne touche la lame d'argent placée au milieu.

Dans ces conditions, si l'on ouvre le coffre-fort, on rompt le circuit : le cylindre de fer doux, entraîné par le contre-poids, s'éloigne des

noyaux; l'une des branches de la fourchette vient toucher la lame d'argent et ferme le circuit local.

Il en est de même si l'on coupe les fils ou si l'on diminue d'une manière quelconque l'intensité du courant.

Si l'on réunit au contraire les deux fils de ligne, on supprime la résistance placée dans le coffre-fort; l'intensité augmente; l'armature, attirée plus fortement, se rapproche des noyaux, et l'autre branche de la fourchette rencontre la lame d'argent et ferme encore le circuit local.

Le relais forme donc un système équilibré; toute cause extérieure qui produit une augmentation ou une diminution du courant détruit l'équilibre et fait tinter la sonnerie. Il est donc impossible, même à un électricien, d'ouvrir le coffre-fort sans donner l'alarme. Il résulte de là que la sécurité est absolue, et qu'il n'est besoin ni de masquer les fils de ligne, ni de tenir secrète la disposition employée. Il est seulement utile de ne pas faire connaître la valeur de la résistance placée dans le coffre-fort, ce qui est bien facile.

L'interrupteur placé dans le coffre est formé de deux lames de ressort habituellement en contact et reliées à la serrure de telle sorte que, lorsque la serrure est brouillée, l'introduction

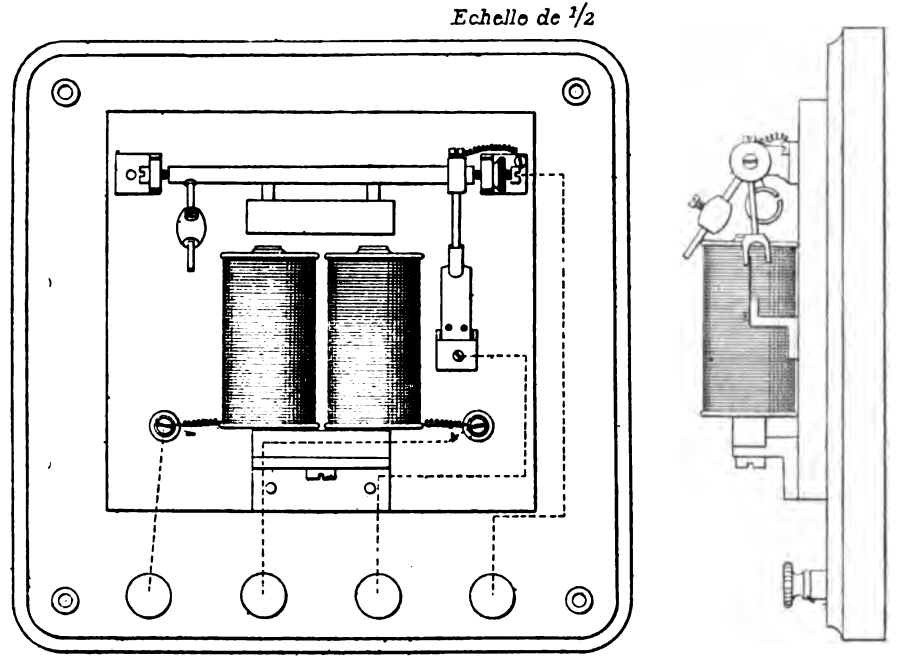


Fig. 1083. — Relais de l'avertisseur de coffre-fort (Compagnie du chemin de fer de l'Est).

d'une clef, fût-ce même la véritable, ait pour effet de les séparer. Au contraire, lorsque la combinaison est faite, on peut ouvrir le coffre avec sa clef sans faire tinter la sonnerie.

Les piles au sulfate de cuivre, employées par MM. Bablon et Gallet, ont pu être remplacées par des piles Leclanché, en donnant une très grande résistance au relais, qui, à cause du grand nombre de tours de fil, devient assez sensible pour fonctionner avec quelques milliampères.

Cet avertisseur a été appliqué par la Compagnie de l'Est à un certain nombre de coffres-forts et donne de très bons résultats.

Avertisseur de fuites de gaz. — L'avertisseur de M. Exupère actionne une sonnerie pour avertir si, une fois le compteur ou le robinet de barrage fermé, il reste dans la canalisation un robinet ouvert ou s'il y existe une fuite.

L'organe essentiel est une boîte circulaire plate et verticale (fig. 1084), dont les deux faces sont formées de lames très minces en cuivre, ondulées comme celles des baromètres anéroïdes. La face postérieure de cette boîte est percée en son centre et fixée à l'extrémité d'un petit tuyau à robinet A, qui peut se visser sur un raccord appartenant à une canalisation quelconque. La face antérieure, qui est libre, porte en son centre une pointe métallique, sur laquelle vient s'appuyer, sous la pression d'un ressort anta-

eux bornes qu'on voit à l'extérieur de l'appa-eil ; l'autre est en communication avec le massif; ces deux bornes sont reliées d'autre part avec la pile et la sonnerie. Le circuit est donc interrompu entre le levier *b*, relié par *a* au massif de l'appareil, et la pièce isolée par le support d'ébonite *e*.

Lorsque la température s'élève lentement, dans des conditions normales, toutes les parties de l'appareil se dilatent également et progressivement, et conservent par suite leurs positions relatives : le circuit ne se ferme donc pas.

S'il se produit au contraire une élévation de



Fig. 1086. — Avertisseur d'i

feuille de papier ou qu'on allume une cigarette au-dessous de lui. La figure 1086 montre la disposition complète de l'avertisseur, qui peut se fixer au plafond ou le long d'un mur.

Avertisseur de passage à niveau. — Nous avons déjà indiqué plus haut (Voy. AVERTISSEUR ET RAIL ISOLÉ) la disposition imaginée par M. de Baillehache pour la protection des gares, des passages à niveau, des bifurcations, etc., disposition qui paraît appelée à rendre de grands services dans l'exploitation des voies ferrées. Nous signalerons encore une disposition nouvelle du contre-rail isolé, qui peut être préférable dans certains cas, pour la protection des passages à niveau.

Dans ce nouveau dispositif, le passage est muni d'une sonnerie à relais, et le circuit local

ur de l'appa-
tion avec le
liées d'autre
e circuit est
, relié par a
e isolée par

lentement,
tes les par-
ient et pro-
e leurs posi-
e donc pas.
lévation de

température brusque et anormale, la plaque A s'échauffe d'abord et se dilate seule : la vis V se trouve soulevée et pousse en O la petite branche du levier *b*, dont la grande branche vient toucher la pièce isolée, malgré la tension du ressort *r* : le circuit se trouve ainsi fermé et la sonnerie tinte.

Le réglage se fait en enfonçant plus ou moins profondément la vis V ; la différence de longueur des bras du levier *b* permet de donner une grande amplitude à ses mouvements et produit une grande sensibilité. On peut obtenir que l'appareil fonctionne lorsqu'on brûle une



— Avertisseur d'incendie Le Galtil.

garette
ntre la
ii peut
.
Nous
ISSEUR
M. de
s, des
, dis-
rands
rrées.
nou-
réfé-
n des

e est
local

de la sonnerie est fermé, puis ouvert par le passage même du train. Supposons d'abord qu'il s'agisse d'une ligne à double voie. On dispose sur chacune des voies un contre-rail isolé A à 1200 mètres environ en avant du poste du garde-barrière, et un autre en B à 100 ou 200 mètres du passage gardé et de l'autre côté (fig. 1087). Lorsque le train franchit le contre-rail A ; il fait communiquer avec la terre la pile de gauche, qui est positive, et l'électro-aimant du relais, qui est également relié au sol par son autre extrémité. Ce circuit est donc fermé et l'électro attire une palette qui tourne autour d'un axe et vient frapper deux contacts métalliques. Ce mouvement de la palette ferme le circuit de la pile locale sur la sonnerie, qui se met à tinter d'une façon continue.

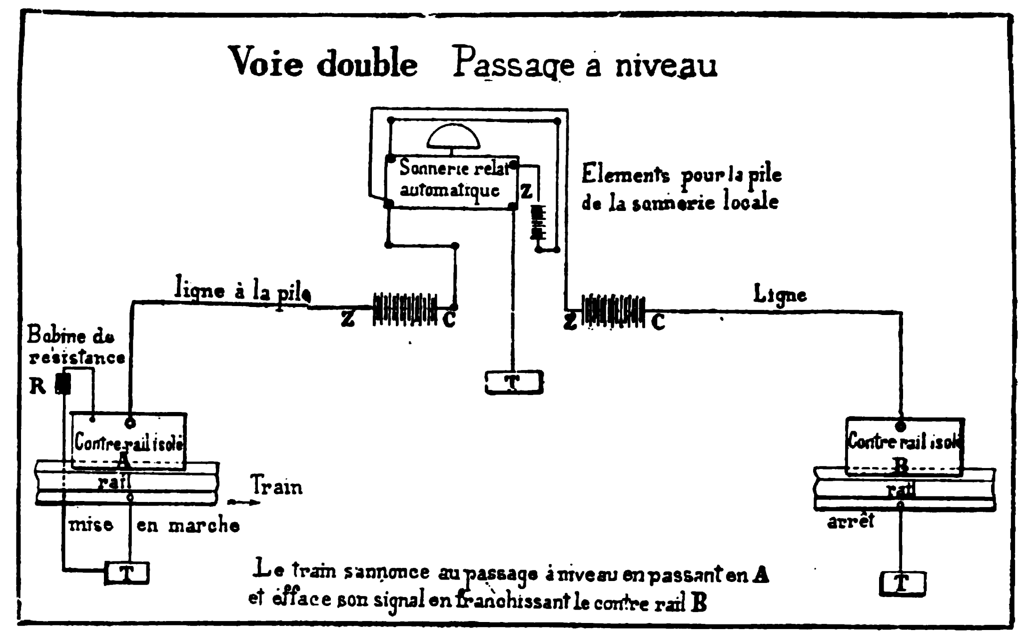


Fig. 1087. — Avertisseur de passage à niveau (voie double).

Lorsque le train passe ensuite sur le rail B, il lance dans l'électro-aimant du relais le courant de la pile de droite, qui est négative : la palette est alors attirée en sens contraire et re-

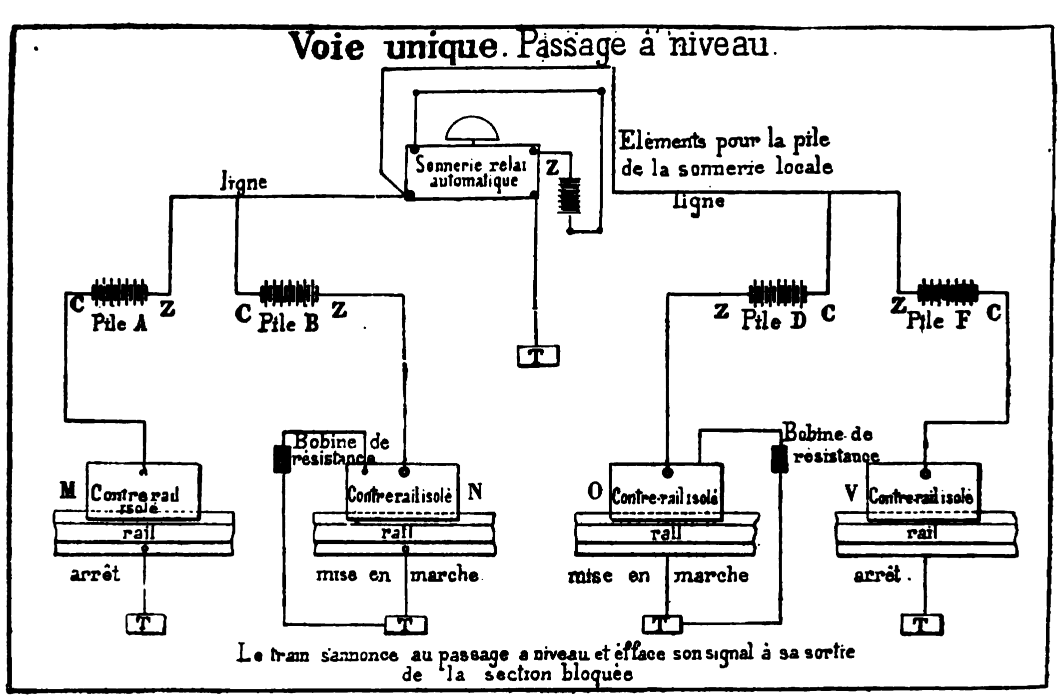


Fig. 1088. — Avertisseur de passage à niveau (voie unique).

vient sur elle-même, ce qui ouvre le circuit local ; la sonnerie s'arrête aussitôt.

Il faut remarquer que le circuit de l'électro-aimant est, en temps normal, constamment

fermé par l'intermédiaire de la bobine de résistance R. Cette dérivation n'est pas assez forte pour actionner une sonnerie; elle sert seulement à contrôler l'état électrique de la ligne. Dans ce but, le circuit contient un petit galvanomètre, qui doit donner constamment une déviation de 4° à 5°. La perte de courant due à cette dérivation est donc très faible, et ce mode de montage réunit les avantages du courant continu à ceux du courant intermittent.

Si la ligne est à voie unique (fig. 1088), comme le train peut se présenter à droite ou à gauche du passage à niveau, il faut munir la voie de quatre contre-rails M, N, O, V. La distance NO doit être d'environ 2000 mètres, les distances MN et OV de 200 mètres chacune. Les deux contre-rails N et O servent à actionner la sonnerie, les deux autres à l'arrêter. Le passage à niveau est à peu près au milieu de ON.

Si le train va de gauche à droite, la sonnerie automatique est actionnée quand il passe sur le contre-rail N et s'arrête quand il franchit le rail V. Si le train marche en sens contraire, la sonnerie tinte depuis son passage en O jusqu'à ce qu'il arrive en M.

Si le passage à niveau est gardé, on peut supprimer les deux contre-rails M et N, en chargeant le garde-barrière d'arrêter lui-même la sonnerie en pressant sur un bouton après le passage du train. Une simplification analogue peut être adoptée sur les lignes à voie double.

B

BAROMÉTROGRAPHE. — Nous décrirons le baromètre enregistreur de grandes dimensions qui a été installé récemment au laboratoire d'études physiques de la tour Saint-Jacques, à Paris.

On sait que le premier baromètre de grandes dimensions fut établi par Pascal à Rouen, en 1646, dans la cour d'une verrerie du faubourg Saint-Sever. Il était formé d'un tube de 46 pieds, rempli d'eau colorée par un peu de vin. Un autre baromètre à eau fut installé par Daniell en 1830 pour la Société royale de Londres. En 1870, M. H. Jordan établit à l'Observatoire de Kew un baromètre à cuvette dans lequel l'eau était remplacée par la glycérine, afin d'éviter l'évaporation: la hauteur minimum du liquide était de 8,22 m. Enfin, en 1886, M. Zophar Mills, riche négociant de New-York, a fait établir dans sa maison un baromètre également à glycérine.

Les difficultés que présente l'installation des baromètres de ce genre sont largement compensées par les avantages qu'ils procurent: à cause de leur grande hauteur, ils permettent d'observer facilement les variations les plus minimes de la pression atmosphérique, qui resteraient invisibles avec les baromètres ordinaires à mercure. C'est pourquoi l'on a songé à installer, en 1889, un nouveau baromètre à eau au Laboratoire d'études physiques de la tour Saint-Jacques.

Ce baromètre est à siphon: la grande branche est formée d'un tube de verre de 12,65 m. de hauteur et de 2 centimètres de diamètre.

Ce tube, le plus long qui ait été employé jusqu'à ce jour dans les sciences, a été fabriqué dans l'usine Martin, à Saint-Denis. La petite branche est formée par un tube de même diamètre et de 2 mètres de hauteur, réuni avec le premier par un manchon coudé en cuivre. L'appareil est fixé sur une planche verticale de 13 mètres de hauteur et de 25 centimètres de largeur. Pour plus de commodité, les changements de niveau se lisent dans la petite branche. Les deux tubes ayant le même diamètre, les variations observées sont égales à celles de la grande branche et doivent être multipliées par deux. Les mouvements du liquide sont très curieux à observer, surtout en temps d'orage. La petite branche du baromètre contient un thermomètre destiné à indiquer la température de l'eau. On doit installer en outre un appareil photographiant le thermomètre toutes les heures, pour dispenser de l'observer.

Le bouchage de la grande branche a été l'opération la plus délicate du montage de l'appareil. Il a été effectué en remplissant complètement d'eau les deux branches, la petite étant fermée : on a pu alors adapter au haut du grand tube un bouchon métallique rempli d'huile et maintenu par un manchon de caoutchouc. Une légère couche d'huile a été laissée sur la

surface de l'eau pour éviter l'évaporation.

Jusque-là ce baromètre n'avait rien de commun avec l'électricité ; mais, au commencement de l'année 1890, on l'a complété par un système d'enregistrement électrique. Un flotteur en laiton rempli de plomb, reposant sur le liquide de la petite branche, est soutenu par un fil qui passe sur deux poulies de renvoi ; ce flotteur est muni de petits galets qui roulent sur les parois du tube pour empêcher le frottement. L'autre extrémité du fil porte le style chargé d'inscrire les variations sur un cylindre vertical, tournant d'un mouvement uniforme et recouvert d'une feuille de papier divisée en carrés. Ce style est formé d'un crayon en plombagine dure, fixé à une pièce qui coulisse librement, à l'aide de galets, le long d'une tige à base carrée, placée verticalement auprès du cylindre. Toutes les 90 secondes environ, l'horloge qui commande le cylindre lance le courant d'une pile dans un électro-aimant, qui attire une palette de fer doux fixée à la tige carrée. Par suite de ce mouvement, cette tige tourne d'un certain angle ; le crayon s'applique sur la surface du cylindre et marque un point. Le diagramme est donc formé par une série de points très rapprochés. Cette disposition évite l'emploi d'encre, qu'il faut renouveler fréquemment, et supprime le frottement du style sur le cylindre, qui peut nuire à l'exactitude des indications.

BLANCHIMENT ÉLECTRIQUE. — Le procédé Hermite, décrit plus haut, permet de réaliser une économie d'environ 50 p. 100 sur le blanchiment de la pâte à papier. Mais il n'est pas sans inconvénients. Le chlore, ses composés oxygénés et les hypochlorites exercent sur la solidité du papier une influence nuisible, qu'on est forcé de combattre à l'aide d'autres composés, tels que l'hyposulfite de soude.

M. Villon a cherché à éviter cet inconvénient par l'emploi de l'ozone. Le bas prix auquel on obtient aujourd'hui l'oxygène (0,50 fr. le m. c.) rend ce procédé très pratique. M. Villon emploie un appareil ozoniseur à grand débit formé d'une caisse en bois dur revêtue intérieurement de dalles en verre, fixées par des tenons et des mortaises. Un vernis à la gomme laque et à la paraffine rend les joints complètement étanches. Cette caisse, hermétiquement close, renferme des cellules en verre contenant des grains de plomb ou de petits morceaux de charbon de cornue, et communiquant alternativement, par des toiles métalliques qui plongent dans toute leur longueur, avec les deux pôles d'une puissante bobine de Ruhmkorff, alimentée par une dynamo. L'oxygène circule dans les espaces ménagés entre les cellules et traversés sans cesse par les effluves électriques. Avant de pénétrer dans l'appareil ozoniseur, l'oxygène traverse d'abord un réfrigérant, qui abaisse sa température à 5°, afin d'augmenter la proportion d'ozone.

A la sortie de la caisse, l'oxygène ozonisé arrive, par la partie inférieure, dans des chambres en bois contenant la pâte et disposées comme celles qui servent pour le blanchiment au chlore gazeux. Le gaz traverse toute la masse, qu'il décolore rapidement : il est ensuite desséché par l'acide sulfurique et retourne au gazomètre, pour être de nouveau employé. L'opération est très rapide et n'attaque pas la cellulose. L'économie est de 40 p. 100 sur le procédé électrolytique et de 70 p. 100 sur le blanchiment au chlorure de chaux.

C

CÉRUSE (Préparation électrolytique de la). — M. Bottome, d'Hoosick (New-York), a imaginé un procédé électrolytique pour la préparation de la céruse, qui vient d'être appliqué industriellement. Le produit obtenu paraît *couvrir* aussi bien que la céruse ordinaire, et la fabrication aurait l'avantage de n'être pas insalubre comme les procédés chimiques, ce qui serait une amélioration considérable au point de vue hygiénique.

On fait dissoudre 225 grammes d'azotate de soude et une égale quantité d'azotate d'ammoniaque dans 4,5 litres d'eau. On fait passer ensuite dans la solution un courant d'acide carbonique, obtenu par la calcination du calcaire, et l'on soumet en même temps le bain à l'électrolyse au moyen d'électrodes en plomb. Le blanc de céruse se précipite rapidement ; on l'enlève de temps en temps et on le sèche.

CHAUFFERETTE ÉLECTRIQUE. — La *Burton*

Electric C°, de Richmond (Virginie), fabrique des chaufferettes électriques pour tramways. Le courant traverse des fils de résistance placés dans une boîte en fonte remplie d'argile réfractaire pulvérisée; le couvercle est vissé par-dessus, et les joints sont calfeutrés de manière que la poudre ne puisse s'échapper. La boîte est enduite d'une couche de vernis asphalté. Chaque voiture contient quatre chaufferettes. Un réflecteur étamé ou en zinc est fixé sous la banquette, derrière chaque chaufferette, et renvoie la chaleur vers le milieu de la voiture.

COMMUTATEUR-PERMUTEUR. — Appareil employé par la Compagnie de l'Ouest pour la manœuvre des cloches électriques. Voy. PERMUTEUR (*Supplément*).

COMPTEUR D'ÉLECTRICITÉ. — Les compteurs d'électricité se multiplient rapidement, et un grand nombre d'appareils ont été présentés au concours ouvert par la ville de Paris en 1890.

Les compteurs peuvent être divisés en deux classes. La première comprend les appareils à indications continues, qui enregistrent d'une façon ininterrompue les variations de la quantité d'électricité ou celles de l'énergie, suivant les cas. Dans cette catégorie rentrent les compteurs chimiques et les *compteurs-moteurs*, tels que celui de M. Aron. La seconde classe comprend les appareils à indications discontinues, qui ont pour but d'enregistrer, à intervalles égaux, les indications d'un appareil de mesure, ampèremètre ou électrodynamomètre. C'est cette catégorie qui paraît produire le plus grand nombre d'appareils. Ajoutons encore que les compteurs d'énergie ou wattmètres se multiplient beaucoup plus vite que les compteurs de quantité ou coulombmètres. C'est qu'en effet il y a beaucoup plus d'intérêt à mesurer l'énergie; d'ailleurs les wattmètres deviennent eux-mêmes des coulombmètres, lorsque la distribution se fait à potentiel constant.

MM. Emmott et Ackroyd ont imaginé un compteur électrolytique, dans lequel la décomposition chimique sert à actionner un compteur de tours. Cet appareil se compose d'un voltamètre à eau acidulée, dont l'hydrogène est recueilli dans une cloche qui se termine par un tube deux fois recourbé, comme ceux qu'on emploie en chimie pour le dégagement des gaz. Le gaz est amené par ce tube sous une roue à compartiments, qu'il fait tourner proportionnellement au débit. La rotation de cette roue entraîne un compteur de tours dont le cadran indique la quantité d'électricité.

Le compteur Siemens et Halske se compose d'un levier A, à peu près vertical, pouvant tourner autour d'un axe horizontal, et rappelé vers la gauche par un ressort. Un excentrique tourne uniformément sous l'action d'un mécanisme d'horlogerie et, à chaque tour, repousse le levier A vers la droite. Celui-ci revient vers la gauche jusqu'à ce qu'il touche la pointe d'une aiguille horizontale B, qui est mobile sur des couteaux d'acier trempé et porte, à l'extrémité située vers la gauche, un cylindre de fer doux placé au-dessus d'un solénoïde. Le solénoïde reçoit le courant à mesurer ou une fraction déterminée de ce courant, dont l'action fait enfoncer plus ou moins profondément le fer doux : le côté gauche de l'aiguille B s'abaisse donc quand l'intensité du courant augmente et se relève sous l'action d'un ressort antagoniste quand l'intensité diminue. Le point opposé de cette aiguille rencontre donc le levier A plus ou moins loin de son axe de rotation, suivant l'intensité. La forme du levier A est déterminée expérimentalement pour que son déplacement vers le centre, à chaque tour de l'excentrique, soit proportionnel à l'intensité du courant. Ce déplacement est transmis, par un cliquet fixé sur le levier A, à la première roue d'un compteur de tours, qui l'enregistre. Il n'est pas nécessaire que les déplacements de l'aiguille B soient proportionnels à l'intensité.

Compteurs d'énergie. — *Compteur L. Brillié.* — Le compteur d'énergie de M. Brillié a pour organe essentiel un électrodynanomètre, dont les déviations sont enregistrées par un compteur. Un arbre A, tournant d'un mouvement uniforme, entraîne, toutes les 36 secondes, un arbre B situé sur son prolongement (fig. 1089). L'arbre B, au moyen des engrenages P_1 et L, exerce sur la bobine mobile de l'électrodynamomètre un effort de torsion par l'intermédiaire du fil V_1. Lorsque la force de torsion est assez grande pour faire équilibre à l'attraction de la bobine fixe J, la bobine mobile commence à tourner, et, par suite de ce mouvement, l'arbre A abandonne l'arbre B, qui revient à sa position primitive sous l'action d'un ressort antagoniste.

Pendant ce temps, la torsion du fil V_1 a été communiquée au tambour T par l'intermédiaire de l'axe *tt'* et de la bielle U, qui relie deux petits bras u_1 et u_2 calés sur les axes de la bobine mobile V et du tambour T. Ce tambour tourne donc d'un angle égal à l'angle de torsion du fil d'acier V_1, lequel est proportionnel à l'énergie électrique du courant à mesurer. Il est relié par une série de roues et de pignons

avec un numérateur qui totalise les angles et indique à chaque instant la dépense. L'appareil comprend donc un électrodynamomètre, un compteur et un électromoteur chronométrique qui fait tourner l'arbre A.

Nous donnerons une description sommaire de ces organes.

L'électrodynamomètre se compose de deux bobines J et V. Le cadre J, qui est fixe, est recouvert d'un gros fil conducteur, que traverse le courant entier. La bobine mobile V est placée en dérivation ; elle peut osciller autour de son axe v, mais d'une quantité très faible, et son déplacement est limité par des buttoirs. L'axe v est relié à l'axe l, placé sur son prolongement, par le fil de torsion.

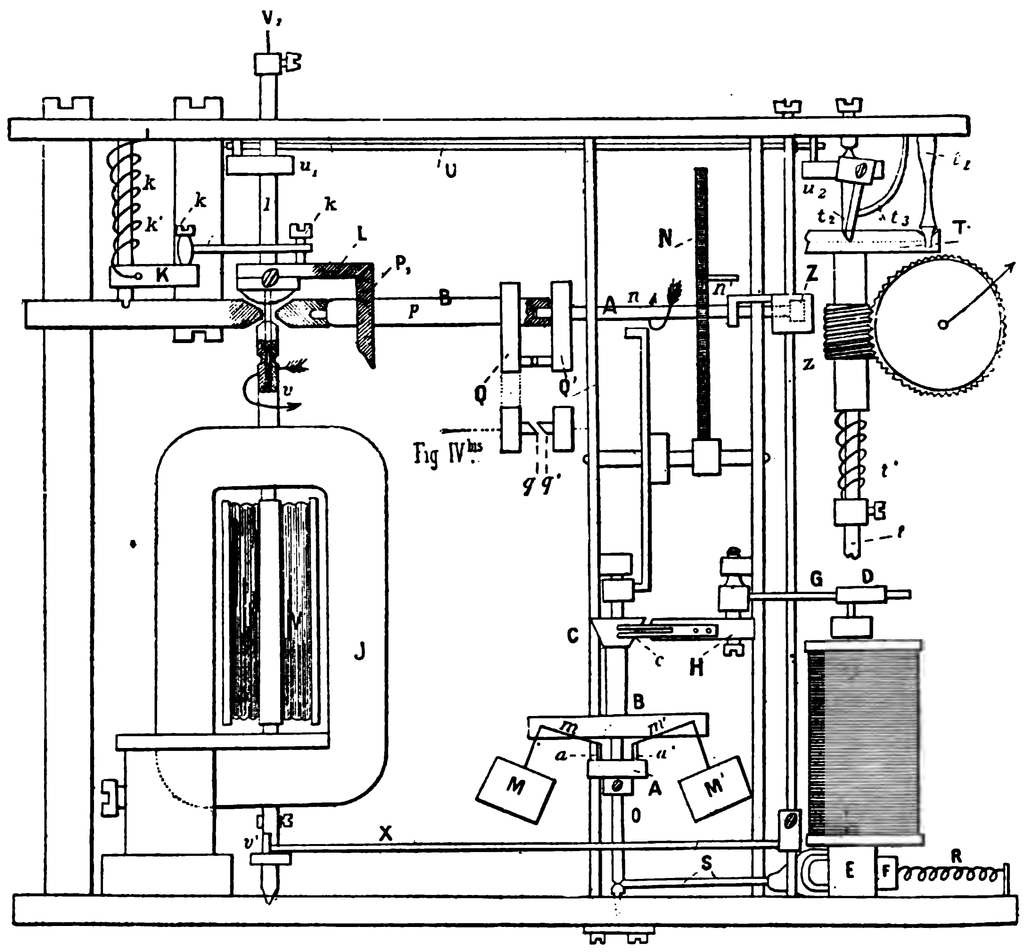


Fig. 1089. — Compteur d'énergie L. Brillié.

Le courant ne traverse la dérivation de la bobine V que pendant le temps nécessaire pour faire les mesures. A cet effet, l'arbre B, dès qu'il commence à être entraîné par l'arbre A, établit un contact qui ferme cette dérivation, et le rompt ensuite au moment où il revient à sa position de repos.

Le mouvement de la bobine mobile se produit de la manière suivante. A chaque tour de l'arbre A, le taquet q^1 rencontre le taquet q, fixé à l'arbre B (ces deux taquets sont représentés à part). Cet arbre se met à tourner et entraîne l'axe l, par l'intermédiaire de l'engrenage P_1L. Le mouvement de l'axe l est transmis à l'arbre t par la bielle U et les leviers u_1u_2, formant parallélogramme articulé.

La pièce u_2 est solidaire de l'axe t, qui porte le tambour horizontal T, creusé d'une gorge en forme de V. A l'état normal, ce tambour, sous l'action du ressort spiral t', frotte contre une

pointe fixe t^1, qui le maintient immobile. Le levier u_2 est muni d'un prolongement, perpendiculaire à la figure, qui porte une pièce t_2 se présentant obliquement dans la gorge en V du tambour.

Lorsque l'arbre t se met à tourner, commandé par l'axe l, la pièce t_2 se coince dans la gorge du tambour, le fait descendre légèrement, ce qui le dégage de la pointe t_1, et l'entraîne dans son mouvement. Le tambour T actionne un compteur de tours, qui donne la dépense en hectowatts-heure.

Quand la mesure est finie, l'arbre A doit abandonner l'arbre B. Pour cela, les deux taquets qq^1 sont inclinés l'un sur l'autre, de sorte que leur action mutuelle tende à faire reculer l'arbre A suivant son axe; mais ce déplacement ne peut avoir lieu que si le buttoir Z, sur lequel s'appuie l'extrémité de cet arbre, vient lui-même à se déplacer. Ce buttoir est monté sur une traverse calée sur l'arbre vertical z, qui porte également un fléau X, venant s'appuyer contre un buttoir fixé au bas de l'axe de la bobine mobile.

Au moment où cette bobine se déplace, le buttoir pousse le fléau X, qui fait tourner l'arbre z et sa traverse; le buttoir Z s'écarte et l'arbre A recule d'une petite quantité, abandonnant l'arbre B, qui est ramené à sa position de repos, ainsi que la bobine V, par le ressort antagoniste.

L'enregistreur cesse de fonctionner au même instant, car l'axe l, retournant en arrière, entraîne l'arbre t dans le même sens. La pièce t_2, dans ce mouvement, permet au tambour de se relever et de venir s'appuyer sur la pointe t_1, qui le rend immobile.

Le balancier X est ramené à sa position d'attente par le doigt n', fixé sur la roue N, qui vient à chaque tour, un peu avant le commencement de la mesure, pousser un bras coudé fixé à la pièce Z.

L'arbre A, qui tourne uniformément, est commandé par la roue N, qui fait 100 tours par heure. La mesure se fait dans toutes les 36 secondes. Cette roue reçoit le mouvement de l'électromoteur chronométrique, placé sous la dépendance de l'électro-aimant E et disposé pour produire une vitesse constante, quelle que soit la résistance qu'il rencontre. Pour cela, l'arbre vertical O reçoit de l'armature de l'électro une impulsion toujours égale, mais qui se renouvelle plus ou moins fréquemment suivant l'effort nécessaire.

L'électro-aimant E, en forme d'U renversé, porte à la partie inférieure deux pôles évidés EE', entre lesquels peut s'ajuster une armature F, arrondie aux extrémités et mobile autour de son centre. Au repos, cette armature, dont l'une des extrémités est attirée par le ressort R, fait un certain angle avec la ligne des pôles EE'. Lorsque le courant passe, l'armature F, attirée, se place suivant la ligne EE', entraînant la pièce S. Le courant étant ensuite supprimé, l'armature reprend sa première position sous l'action du ressort R. Mais la pièce S, qui est mobile autour d'un axe excentré sur l'armature F, a tourné d'un certain angle autour de cet axe, de sorte que, en revenant à la position de repos, elle se coince dans une gorge creusée au bas de l'arbre O, et imprime à cet arbre un mouvement de rotation.

La pièce A, fixée sur l'arbre O, entraîne dans ce mouvement une traverse aux extrémités de laquelle sont suspendues, au moyen de bras articulés mm', deux masses MM'. Sous l'action de la force centrifuge, ces masses s'écartent, et, appuyant les extrémités des bras articulés m et m' sur des buttoirs aa', solidaires de la pièce A, soulèvent la traverse B et le cône C qu'elle supporte.

Lorsque le cône C est abaissé, il touche deux petites lames de ressort c, montées sur une pièce isolante H, et ce contact fait passer le courant dans l'électro-aimant; lorsqu'il est soulevé le courant est interrompu, et il retombe bientôt. La pièce isolante H pivote autour d'un axe vertical et est reliée à une pièce G, commandée par un distributeur D fixé à la partie supérieure de l'axe de l'armature F. Ce distributeur sert à assurer le contact au moment où le cône C vient s'appuyer sur les lames c et à maintenir le courant interrompu pendant tout le temps qu'emploie l'armature F pour revenir à sa position de repos sous l'action du ressort R; il est formé d'un plan incliné qui soulève plus ou moins la pointe de la pièce G.

Chaque fois que le cône C est au bas de sa course, l'électro-aimant attire son armature; le ressort R se trouve bandé instantanément et, en se détendant, il donne au régulateur une impulsion suffisante pour remonter les masses d'une quantité un peu inférieure à leur déplacement maximum, de façon à ne pas supprimer l'action régulatrice de ces masses. Les contacts sont donc d'autant plus rapprochés que la résistance à vaincre est plus grande, ce qui permet de maintenir la vitesse constante.

Il faut remarquer que, si le courant à mesurer est nul, le déplacement de la bobine sera

très faible ; mais, si petit qu'il soit, il ne doit pas être enregistré. Le buttoir fixe t_3 retarde l'action de la pièce t_2 d'une quantité suffisante pour que ce léger mouvement ne soit pas accusé. Si la puissance du courant à mesurer dépasse la limite supérieure pour laquelle le compteur a été construit, une disposition spéciale arrête l'appareil lorsqu'il a enregistré la puissance maxima qu'il peut mesurer. Lorsqu'on coupe le circuit, le compteur s'arrête; le cône C retombe sur les lames c, et l'appareil est prêt à fonctionner dès qu'on rétablit le courant.

Compteur Cauderay-Frager. — Ce compteur, imaginé par M. Frager, et fondé sur le principe des compteurs Cauderay, se compose encore d'un électrodynamomètre et d'un moteur chronométrique (fig. 1090). Ce dernier commande une roue qui fait exactement 100 tours par seconde et qui, à chaque tour, entraîne un compteur de tours d'un angle proportionnel à l'énergie fournie par le courant.

L'électrodynamomètre se voit à gauche. La bobine fixe F, à gros fil, reçoit le courant tout entier, tandis que la bobine mobile M, à fil fin, est placée en dérivation. Cette bobine est supportée par un fil métallique fixé à l'étrier b; elle est munie d'une aiguille équilibrée A, qui

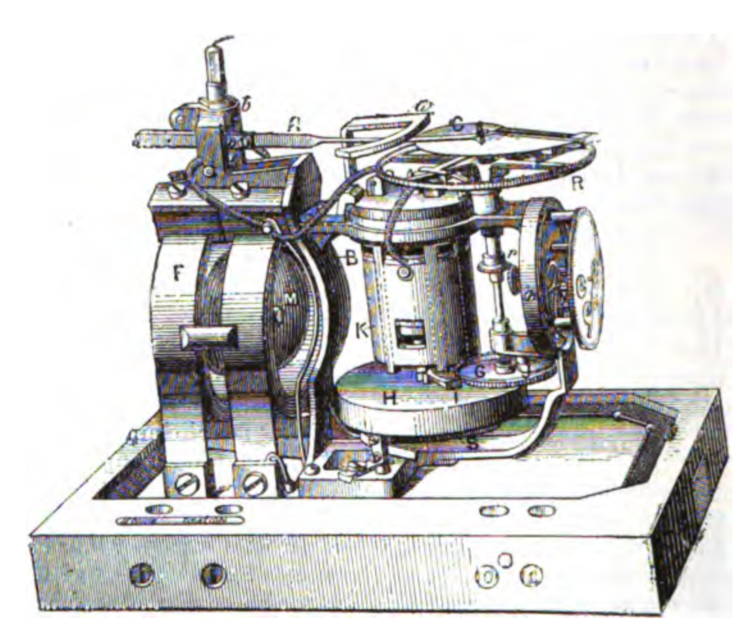


Fig. 1090. — Compteur Cauderay-Frager.

tourne avec elle. Le moteur chronométrique, que nous décrivons plus loin, communique un mouvement de rotation uniforme à une came C, qui passe à chaque tour sous l'aiguille A, et qui est montée sur un support lui permettant de s'abaisser légèrement au moment où elle touche cette aiguille. Dans ce mouvement de descente, la came C entraîne un cliquet qui vient embrayer la roue R, munie de 300 dents et folle sur l'axe vertical de cette came. Cette roue commande le compteur de tours, qu'on voit à droite, par l'intermédiaire des roues d'angle r. En même temps, la came C soulève légèrement l'aiguille A et la presse contre un arc fixe a, qui la maintient immobile. La came a du reste une forme telle qu'elle reste en contact avec l'aiguille pendant un temps proportionnel à la déviation de celle-ci, c'est-à-dire à l'énergie fournie par le courant. La roue R, et par suite le compteur de tours, sont donc entraînés par le cliquet, à chaque tour de la came C, pendant ce même temps, et le nombre de tours enregistré par le compteur en un certain temps est proportionnel à l'énergie fournie par le courant durant ce temps.

Le moteur chronométrique qui commande la came C est formé d'un axe vertical de fer, muni à la partie inférieure d'un balancier lourd H, qui traverse une bobine à fil fin et porte, de chaque côté de cette bobine, une sorte d'étoile en fer placée en regard d'armatures fixes en fer feuilleté, disposées suivant les généra-

trices intérieures de l'enveloppe cylindrique K, qui est formée d'une substance non magnétique. Au repos, les branches de l'étoile sont à une petite distance des armatures fixes; lorsque le courant traverse la bobine, ces armatures attirent les branches de l'étoile, qui tourne d'un certain angle. Le courant est alors interrompu et le système revient à sa position d'équilibre; par suite de ce mouvement, le circuit se trouve de nouveau fermé et l'appareil prend un mouvement oscillatoire régularisé par le balancier H. Pendant la première partie de l'oscillation, le mouvement du système est transmis par le cliquet I à la roue dentée G, munie de 100 dents, et calée sur l'axe de la came C. Un embrayage à friction J empêche le retour en arrière pendant la seconde moitié de l'oscillation du balancier H. L'axe de la came C tourne donc toujours dans le même sens.

Le mécanisme de rupture et d'établissement du courant est disposé de telle sorte que, si l'amplitude d'oscillation de H dépasse une certaine valeur, le contact ne se produit pas aux oscillations suivantes, jusqu'à ce que l'amplitude ait repris sa valeur normale.

Les bobines de l'électrodynamomètre sont calées à 45°; le calcul montre que cette position est celle qui réduit le plus l'erreur relative.

Les causes d'erreur qui peuvent se produire ont été étudiées avec soin. Comme dans tous les compteurs, on a eu soin qne leur action contribue à diminuer le nombre de tours enregistré, afin d'éviter les réclamations des clients. Pour plus de sûreté, l'appareil ne commence à enregistrer qu'à partir de l'énergie nécessaire pour entretenir une lampe, soit 36 watts.

Pour un compteur de 5000 watts, la puissance absorbée par l'appareil est de 9,5 watts, à pleine charge et pour une tension de 100 volts.

Compteur Meylan-Rechniewski. — MM. Meylan et Rechniewski ont cherché surtout à réaliser un compteur d'énergie d'un fonctionnement parfaitement sûr, c'est-à-dire ne produisant ni arrêts, ni ratés au moment de la mise en marche de l'appareil ou de la mise en charge de la distribution. C'est là en effet, pour la Compagnie qui fournit l'électricité, une condition beaucoup plus importante que la sensibilité.

Le compteur Meylan - Rechniewski comprend:

1° Un moteur électrique M à courant permanent et à vitesse constante.

3° Un train d'engrenages, qui réduit la vitesse du moteur dans une proportion convenable et communique à un dernier axe ou axe principal A (fig. 1092) une vitesse rigoureusement uniforme de 1 tour par 3 minutes.

3° Un électrodynamomètre ou balance électrodynamique, dont la bobine mobile G_3 est fixée à l'extrémité d'un fléau F, mobile sur pivots ou sur couteaux, et équilibrée par un contrepoids P.

4° Une came élastique qui, à chaque tour de l'axe principal A, rencontre le fléau F et tord un ressort R d'une quantité proportionnelle à l'action électrodynamique; c'est cette torsion qui est ensuite enregistrée.

5° Un totalisateur T, dont les cadrans donnent la dépense d'énergie en hectowatts.

6° Un embrayage à friction, contrôlé par deux cliquets, et destiné à transmettre au premier mobile de ce totalisateur le mouvement de l'axe principal pendant la durée de chaque lecture de la balance.

Ce compteur est représenté fig. 1091. L'électrodynamomètre, qui se voit à droite, comprend deux bobines fixes G_1 G_2, horizontales, constituées par des rubans de cuivre isolés et enroulés sur un noyau central de bois. Ces deux bobines sont montées tantôt en série, tantôt en quantité, suivant les types, mais de façon que leurs actions s'ajoutent et tendent à déplacer de bas en haut la bobine mobile. Les prises de courants se font par deux blocs de laiton percés de trous, où les câbles sont fixés et écrasés par une vis de serrage.

La bobine mobile G_3 est plate, parallèle aux deux premières et aussi rapprochée d'elles que possible. Elle est formée par une galette de fil fin, portée par un support en ébonite, fixé lui-même à un anneau de métal qui termine le fléau F. Ce fléau est mobile soit sur des pivots *pp* (fig. 1092) pour les petits appareils, soit sur des couteaux, lorsqu'on veut obtenir une plus grande sensibilité. Il porte à l'autre extrémité un contrepoids P qui fait équilibre à la bobine mobile.

Cette bobine reçoit le courant d'un côté par les pivots, de l'autre par une bande de clinquant très flexible, soutenue par un support isolant voisin de l'axe de suspension. La disposition de cet appareil est calculée pour donner l'effort maximum. Le contrepoids P est réglé avec un léger excès.

Les bobines fixes sont dans le circuit principal; la bobine mobile ne reçoit qu'une dérivation. L'action électrodynamique tend à soulever la bobine G_3. A chaque tour de l'axe principal A, une came élastique π_1 vient rencontrer la pièce π du fléau et tend à soulever l'autre ex-

trémité. Cette came π_1, en acier, est fixée sur un disque D, porté par l'axe A_1, qui prolonge l'axe principal A et se trouve relié avec lui par le doigt L. Tant que la came π_1 ne rencontre pas la pièce π, l'axe A_1 participe au mouvement de l'arbre A. Dès que ces deux organes se trouvent en contact, l'action électrodynamique arrête la came π_1 et la roue D; par suite le ressort R se trouve tordu jusqu'à ce qu'il ait atteint une force suffisante pour entraîner la came élastique π_1, qui échappe alors à la pièce π. La torsion du ressort R a, pendant ce temps, actionné le compteur, et, à ce moment, la lecture se trouve achevée.

La rotation étant uniforme, la sommation des torsions revient à enregistrer les durées des lectures. Il faut pour cela que l'axe A agisse sur le premier mobile du totalisateur T pendant

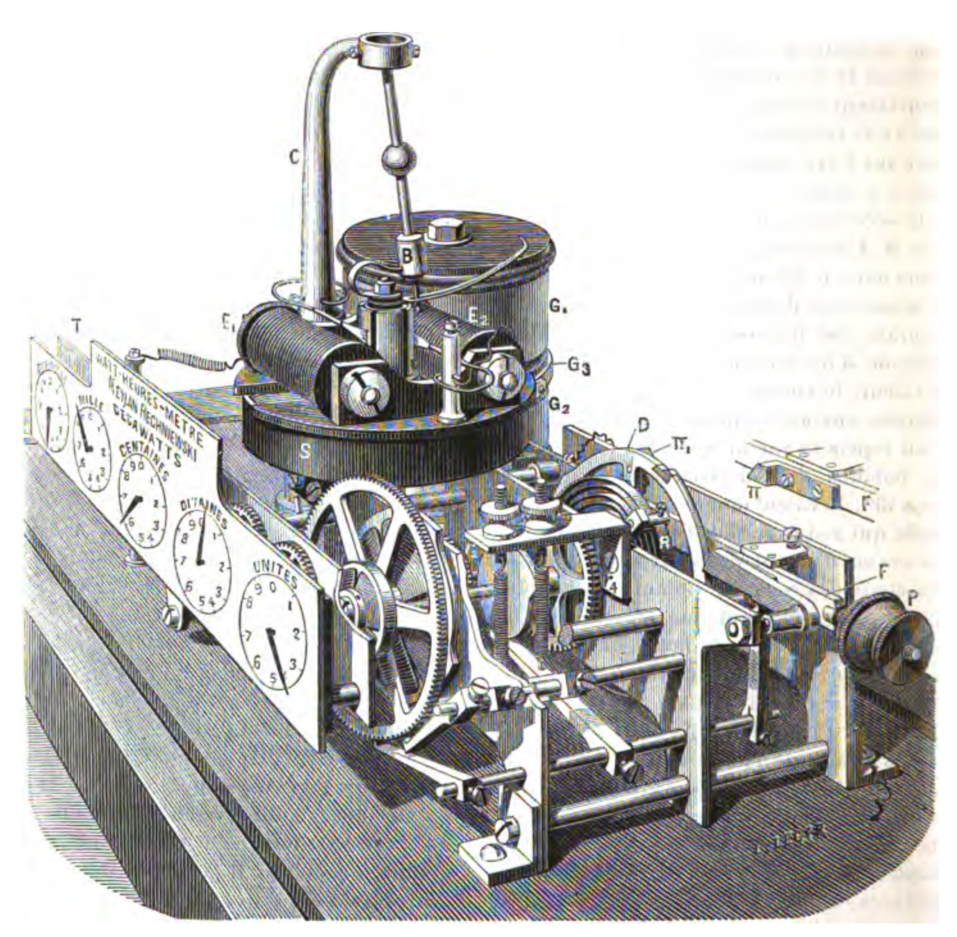


Fig. 1091. — Vue d'ensemble du compteur Meylan-Rechniewski.

chaque période de torsion. Ce résultat est obtenu au moyen d'un embrayage à friction, contrôlé par des cliquets, dont l'un est actionné par le mouvement même de l'axe principal et indique l'origine de chaque lecture, tandis que l'autre est sous la dépendance d'un déclic, entraîné à la fin de chaque lecture par la force vive de la came élastique, et qui supprime l'embrayage à ce moment. Cette disposition exige que l'on ait déjà, à l'origine de la lecture, une certaine force vive, c'est-à-dire une certaine torsion du ressort R ; c'est pour cette raison que le contrepoids P est réglé avec un léger excès de pression.

Les organes qui concourent à cet embrayage périodique et de durée variable sont représentés fig. 1092. L'extrémité de l'arbre principal A porte une roue à encliquetage *r* de grand diamètre, montée à frottement doux, qui entraîne le premier mobile du totalisateur par l'intermédiaire d'un toc *t*, qui pousse une coulisse dépendant de ce mobile.

La roue d'encliquetage agit sur deux cliquets qq_1. Le premier de ces cliquets doit être toujours en prise avant le commencement de la lecture et se trouver libéré au moment précis où elle commence. Ce cliquet, solidaire de l'axe b et du levier l, est commandé par la came C, dont le profil et le calage sur l'arbre A sont réglés de telle sorte que le cliquet est mis hors de prise à l'instant précis où la lecture commence, et se trouve remis en prise à la fin de chaque tour par l'action du ressort R_2.

Le second cliquet q_1 doit au contraire se mettre en prise au moment précis où la lecture finit, tandis qu'il se trouve normalement hors de prise. Pour obtenir ce résultat, ce cliquet est solidaire de l'axe b_1 et du levier l_3, qui est maintenu par un cran du levier l_2, malgré l'action antagoniste du ressort R_1. A la fin de la lecture la came π_1 échappe à la pièce π du fléau. Par suite de la torsion, la partie m du disque D, qui est entaillé sur une partie de sa circonférence, soulève le levier l_2, qui laisse échapper le levier l_3. Le cliquet q_1 est entraîné aussitôt par le ressort R_1 et vient se mettre en prise.

Après chaque tour, une seconde came C_1, également calée sur l'axe A, presse sur le levier l_1, fixé sur l'axe b_1, remet en place le cliquet q_1 et le levier l_3 et tend de nouveau le ressort R_1. Cette opération n'a lieu qu'après

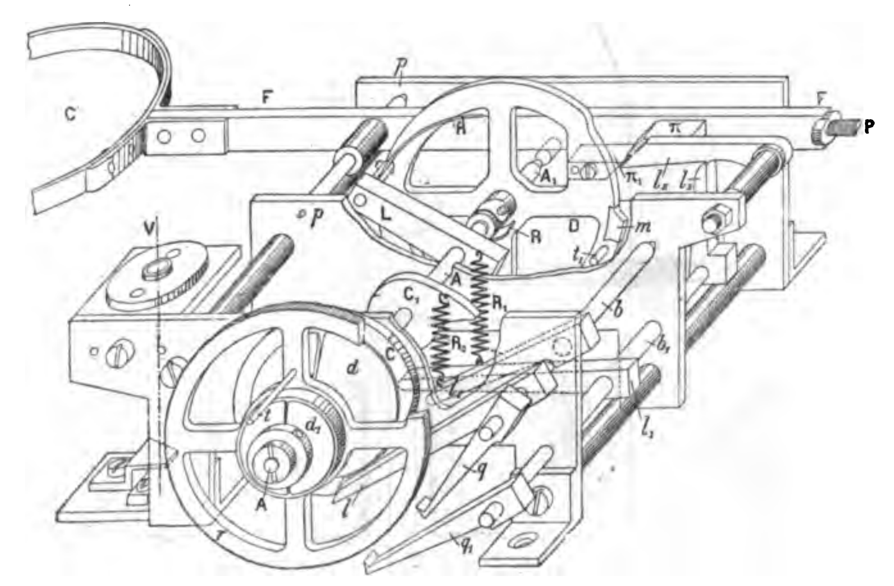


Fig. 1092. — Compteur Meylan-Rechniewski (Détails du mécanisme).

que le premier cliquet q a été remis en prise par la came C, de sorte que la roue d'encliquetage n'est rendue libre qu'au moment de la lecture suivante.

On règle le calage de la came C et la position du poids P pour que, le courant étant nul, la mise en liberté du cliquet q et la reprise du cliquet q_1 se fassent exactement au même instant.

Ce mécanisme est actionné par un moteur genre Gramme, qui ne donne pas d'étincelles et n'a pas de point mort. Il est muni de deux dispositifs particuliers, l'un pour assurer les départs, l'autre pour régler la vitesse. C'est un moteur disque, ayant les deux pôles du même côté de l'induit, soit au-dessus de ce dernier. Il en résulte un véritable soulèvement de l'induit, qui soulage la pierre sur laquelle repose le pivot.

Ce moteur présente deux types. Dans l'un, l'inducteur est formé de deux électro-aimants E_1 E_2 (fig. 1091), qui portent deux pièces polaires en forme de demi-cercles, solidaires de deux équerres réunies par deux boulons, qui forment les noyaux des électros. Dans l'autre (fig. 1093), il y a un inducteur central unique, constitué par une pièce de fonte qui porte les douilles de frottement et qui forme le noyau de l'électro-aimant I ; elle porte une des pièces polaires, tandis que l'autre est rapportée à la partie supérieure.

L'induit i est constitué par un anneau plat en

n voit donc que, la différence de potentiel nt varié de 17,7 p. 100, la variation de vi- se n'a été que de 2,2 p. 100. Or, dans l'éclai- e électrique, la différence de potentiel ne ie pas ordinairement de plus de 10 p. 100, qui n'entraînerait sur la vitesse qu'une erreur 1,5 p. 100 environ.

Le régulateur sert aussi à assurer le démar- ge rapide du moteur, en produisant une forte gmentation du courant dérivé tant que la ule B s'appuie sur le contact central c', qui t relié à l'axe du moteur et de là, par la masse l'appareil et le fil f, avec une résistance X nt l'autre extrémité est reliée à la colonne C.

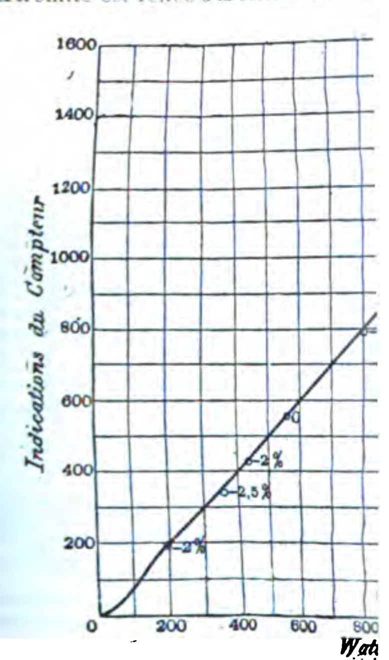


Fig. 1094. — Résultats fournis par le c

re n'a lieu qu'une fois par jour, l'étincelle n'a s d'inconvénients.

Le moteur de la figure 1093 a l'inconvénient exiger, pour une bonne régulation, une vi- esse de 150 à 170 tours par minute, ce qui fini- ait par user la pierre servant de support. C'est ourquoi les inventeurs ont combiné celui qui st représenté sur la figure 1091, dans lequel attraction des pôles sur l'induit diminue nota- blement la pression sur la pointe du pivot. L'inducteur est alors fixé à la colonne C, qui orte également le pendule conique. Un poids, mobile le long de la tige, sert à régler la vi- esse.

L'induit est un anneau de fer plat, isolé et roulé de 3000 tours de fil fin, divisés en cinq

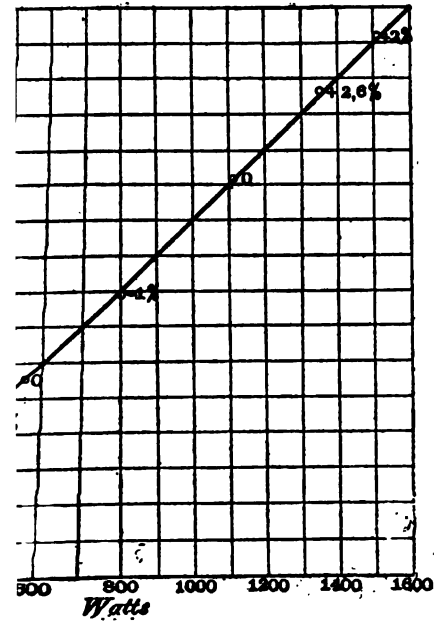
potentiel
on de vi-
ns l'éclai-
entiel ne
0 p. 100,
ne erreur

démar-
une forte
que la
l c', qui
a masse
tance X
onne C.

Tant que la boule B touche le contact c', la résistance X est en court circuit, le courant dérivé traverse seulement le rhéostat R_1 et le moteur. Celui-ci prend donc rapidement sa vitesse, et il ne se produit jamais de ratés dans les départs.

La rupture du courant entre B et c ne donne pas d'étincelles, l'intensité de cette dérivation ne dépassant jamais 0,025 ampère, et le contact en ce point est toujours bon, le ressort c faisant le tour de la boule dans une révolution du moteur.

Il se produit seulement une étincelle à la rupture du contact Bc', mais, comme cette rup-



rnis par le compteur Meylan-Rechniewski.

n'a
ient
vi-
ini-
'est
qui
uel
ta-
ot.
qui
ls,
vi-
et
iq

ou six sections, et reliés avec un collecteur ordinaire. Il est serti dans un support en ébonite, monté sur l'axe V. Le régulateur est identique à celui décrit plus haut.

La colonne C, qui supporte l'inducteur, soutient également un des balais β + ; le second balai β — est porté par un support isolant. Ces balais sont formés d'un fil élastique terminé par un pinceau plat de fil d'argent de 0,15 à 0,20 millimètre de diamètre. L'ensemble est simple et facile à démonter.

Lorsqu'on veut employer le compteur avec des différences de potentiel très variables, on fait usage d'une double coulisse, c'est-à-dire d'une coulisse formée de deux parties reliées à deux lames diamétralement opposées. La

boule B, arrivée au terme de sa course, vient se placer entre les deux contacts, de sorte que deux des lames du collecteur sont constamment au même potentiel que l'un des balais.

La figure 1094 montre les résultats fournis par un compteur du type n° 2. Les ordonnées représentent les indications de l'appareil, tandis que les abscisses correspondent à la dépense réelle d'énergie. On voit sur cette courbe que ce modèle, destiné à enregistrer la dépense de quarante lampes de seize bougies, peut déjà servir pour une seule lampe, mais avec une erreur assez forte. A partir de cinq lampes, les indications sont suffisamment exactes, l'erreur ne dépassant plus 2 ou 3 p. 100. Comme, dans la pratique, il y toujours un certain nombre de lampes allumées à la fois, c'est toujours ce dernier cas qui se présente.

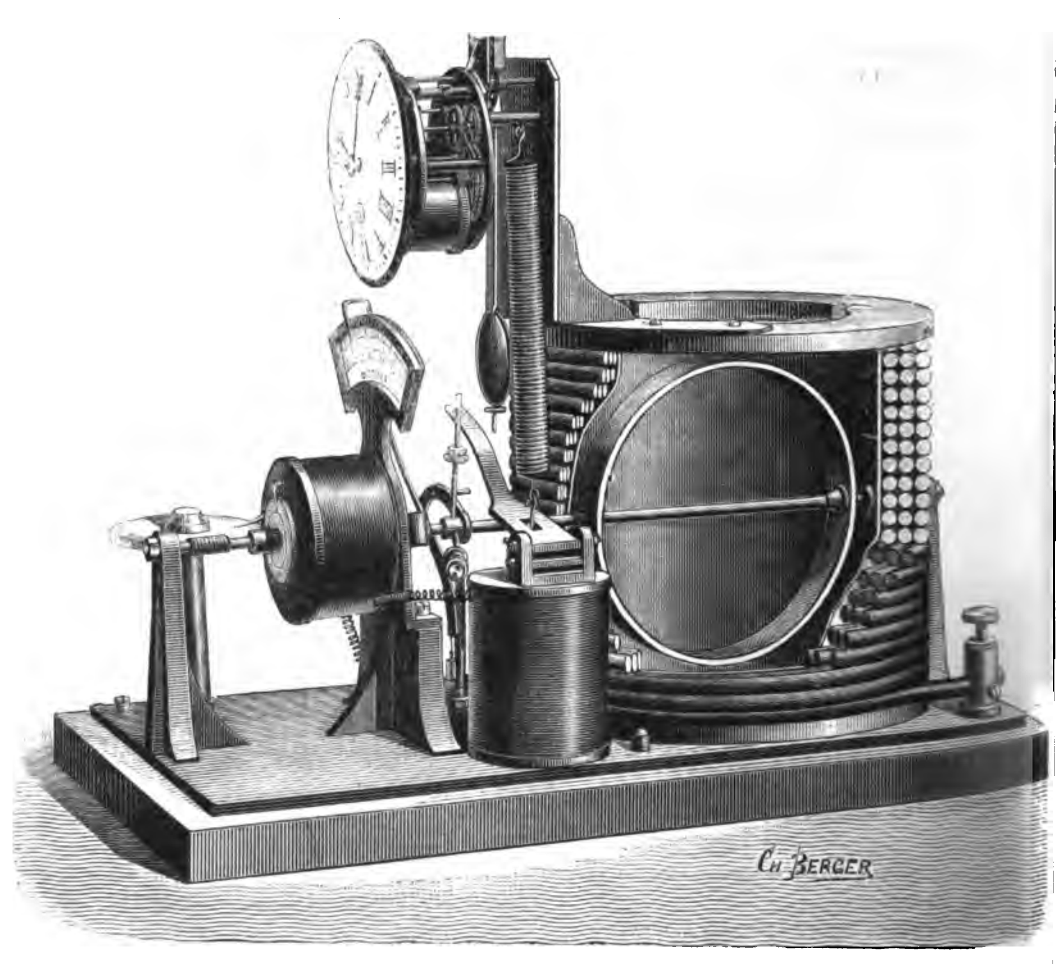


Fig. 1095. — Compteur Blondlot.

Les mesures ont été faites pendant des périodes de plusieurs heures.

Ce compteur peut être transformé facilement en volts-heure-mètre, et peut aussi s'appliquer aux courants alternatifs.

Compteur Blondlot. — Cet appareil, construit par M. F. Henrion, de Nancy, est un des plus simples. Il a l'avantage de faire connaître à chaque instant la puissance fournie par le courant. Il enregistre, toutes les cinq minutes, les déviations d'un électrodynamomètre qu'on voit à droite (fig. 1095) en ramenant au zéro l'aiguille de cet appareil. Ce compteur comprend une bobine fixe à gros fil, placée dans le circuit principal, et une bobine mobile à fil fin, montée en dérivation. Cette dernière est calée sur un axe horizontal qui tourne sur pivots: le système tend sans cesse à tourner sous l'ac-

tion du courant pour amener les deux bobines au parallélisme; un contrepoids, fixé à l'axe de rotation, s'oppose à l'action électrodynamique, et le système s'arrête dans une position d'équilibre, dont la déviation est proportionnelle à chaque instant à l'énergie. Cette

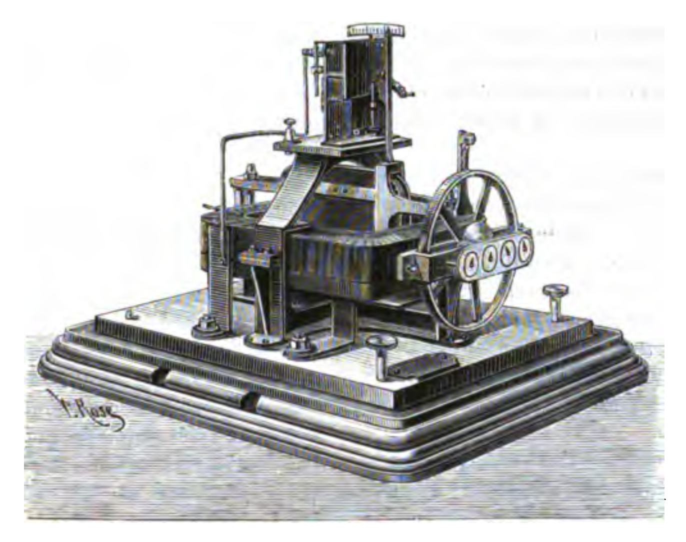


Fig. 1096. — Vue d'ensemble du compteur Clerc-Mildé.

déviation est constamment indiquée par une aiguille fixée à l'axe de rotation et qui se meut sur un cadran qu'on voit à gauche : on connait ainsi, à tout moment, la puissance fournie par le courant.

Toutes les cinq minutes, une horloge, placée

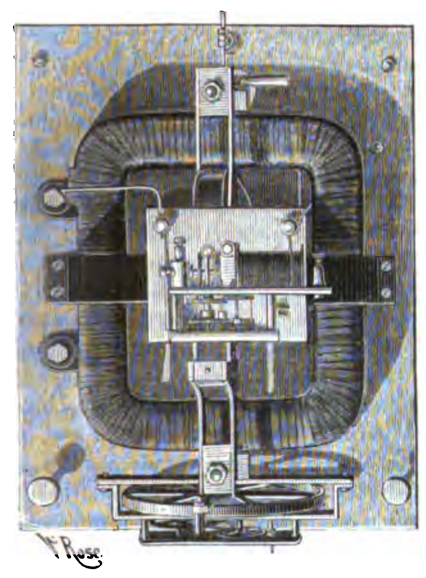




Fig. 1097. — Plan du compteur Clerc-Mildé.

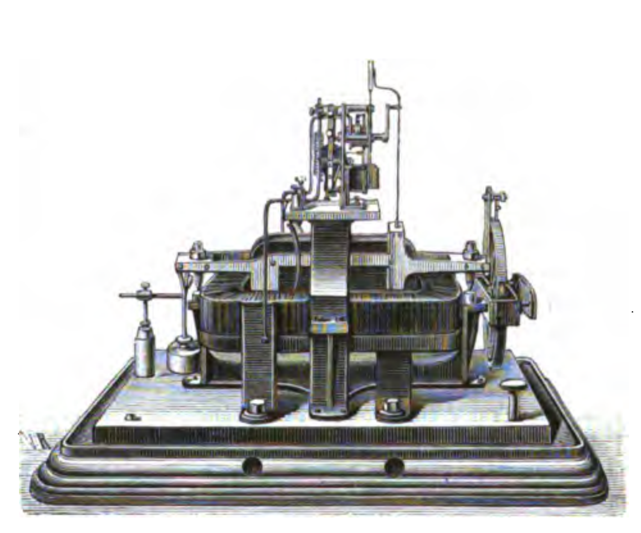


Fig. 1098. — Élévation latérale du compteur Clerc-Mildé.

au-dessus du cadran précédent, ferme le circuit d'une dérivation comprenant les deux électro-aimants placés du même côté. L'un de ces électros attire une armature fixée à l'axe de rotation et ramène au zéro la bobine mobile de l'électrodynamomètre, quelle que soit sa déviation. L'autre produit une action magnétique qui rend l'axe de rotation solidaire de l'axe

primaire d'un compteur totalisateur. Chaque fois que la bobine mobile revient au zéro, sa déviation se trouve ainsi enregistrée sur une série de cadrans. Le consommateur possède donc tous les éléments nécessaires pour vérifier à chaque instant son compteur : il n'a qu'à lire la déviation de l'aiguille mobile et l'indication qui est enregistrée au même moment par le compteur.

Dans une distribution par usine centrale, on peut supprimer les horloges des compteurs, et les remplacer par un régulateur unique, placé à la station centrale et envoyant, toutes les cinq minutes, au moyen d'un seul fil, un courant dans tous les compteurs. L'un des conducteurs de la distribution peut servir de fil de retour. On adjoindrait ainsi aux compteurs d'une manière très simple une distribution électrique de l'heure.

Compteur Clerc-Mildé. — Dans cet appareil, la puissance est encore indiquée toutes les minutes par la déviation d'une aiguille, qui est ensuite lentement ramenée au zéro, tandis que la déviation est enregistrée. La figure 1096 donne une vue d'ensemble de ce compteur, les figures 1097 et 1098 en montrent le plan et l'élévation latérale.

La partie principale est encore un électrodynamomètre formé de deux bobines plates dont l'une est fixe et horizontale, l'autre mobile et verticale. La première est placée dans le circuit principal, la seconde est montée en dérivation.

Toutes les minutes, une horloge, jointe à l'appareil, lance le courant dans l'électrodynamomètre. La bobine mobile se met en marche, entraînant une aiguille qui indique, en hectowatts, la puissance fournie à cet instant. La même horloge pousse une tige verticale qui ramène lentement l'appareil au zéro. En outre, l'axe de la bobine mobile porte à l'une de ses extrémités un cliquet qui, pendant la déviation, mord sur la jante lisse d'une roue qui commande le compteur. Pendant le retour, le cliquet glisse sur cette roue et ne l'actionne pas.

Les erreurs données par cet appareil sont d'environ 1 p. 100 et le réglage est fait pour qu'elles soient toujours en faveur de l'abonné. Un modèle de 20000 watts (100 volts et 200 ampères) figurait à l'Exposition universelle de 1889.

CONTROLEUR D'AIGUILLE. — Nous avons décrit page 164 plusieurs modèles de contrôleurs pour la manœuvre des aiguilles à distance.

La compagnie de l'Ouest emploie un contrôleur d'aiguille, composé de deux contacts correspondant l'un au fil de ligne et l'autre à la terre ; ils communiquent entre eux par les branches d'un ressort en U à l'intérieur duquel ils s'appuient. Ces contacts sont solidaires de la lame de l'aiguille et sont réglés de telle sorte qu'ils ne peuvent alternativement quitter le ressort que lorsque le déplacement de la lame de l'aiguille est complet.

Le courant circule donc pendant tout le temps que s'opère la manœuvre de l'aiguille.

CONTROLEUR DE RONDES. — La Compagnie des chemins de fer de l'Est emploie des contrôleurs de ronde électriques, dont le principe est très simple.

L'inscription se fait sur un cylindre horizontal (fig. 1099), qui tourne autour de son axe, sous l'action d'un mouvement d'horlogerie à poids, du type employé pour donner l'heure dans les petites stations ; ce cylindre a une rotation uniforme et fait un tour en douze heures. Au-dessous de lui, montés sur le bâti qui lui sert de support, sont placés autant d'électro-aimants qu'il y a de postes à contrôler. Chacun de ces électros est muni d'une armature de fer doux, fixée par une de ses extrémités sur un ressort de rappel en forme de lame, qu'on règle au moyen d'une vis, de façon à maintenir l'armature à une faible distance des noyaux.

Lorsque le courant passe, l'armature est attirée ; son extrémité libre vient s'appuyer sur un levier qui tourne autour d'un axe horizontal, et porte à son autre bout un style inscripteur qui vient s'appliquer sur la surface du cylindre. Ce style est formé d'un porte-mèche contenant un petit faisceau de fils de soie plongeant à la partie inférieure dans une auge commune remplie d'une encre spéciale composée de bleu ou de violet d'aniline dissous dans un mélange d'eau et de glycérine.

Tous les styles sont disposés au-dessous du cylindre et peuvent le toucher suivant la génératrice inférieure.

Chaque poste à contrôler est muni d'une boîte en fonte renfermant un contact en argent fixé sur la masse de la boîte, qui est reliée à la terre ou au fil de retour. Le fond de cette boîte porte une lame de ressort isolée, très voisine du contact fixe et mise en communication avec la pile et l'un des électros.

L'agent chargé des rondes introduit dans la boîte une clef spéciale et lui fait faire un tour entier. Cette manœuvre soulève le ressort et lui fait toucher le contact fixe. Le circuit est

fermé : le style correspondant se soulève et marque un point sur le cylindre.

La surface du cylindre est couverte d'une feuille de papier quadrillé. Les lignes parallèles aux bases correspondent à chacun des styles et font connaître les postes visités; les génératrices indiquent les heures auxquelles chaque poste a été contrôlé.

Pour fixer le papier, le cylindre porte deux pointes aux extrémités de la génératrice correspondant à six heures. Deux repères imprimés sur la feuille se placent sur ces pointes et une lame mince de métal, percée de deux trous, vient s'appliquer sur les bords du papier pour le maintenir. Deux petits taquets articulés à charnières et à ressorts se rabattent sur les deux bouts de la lame et appuient fortement le papier sur le cylindre.

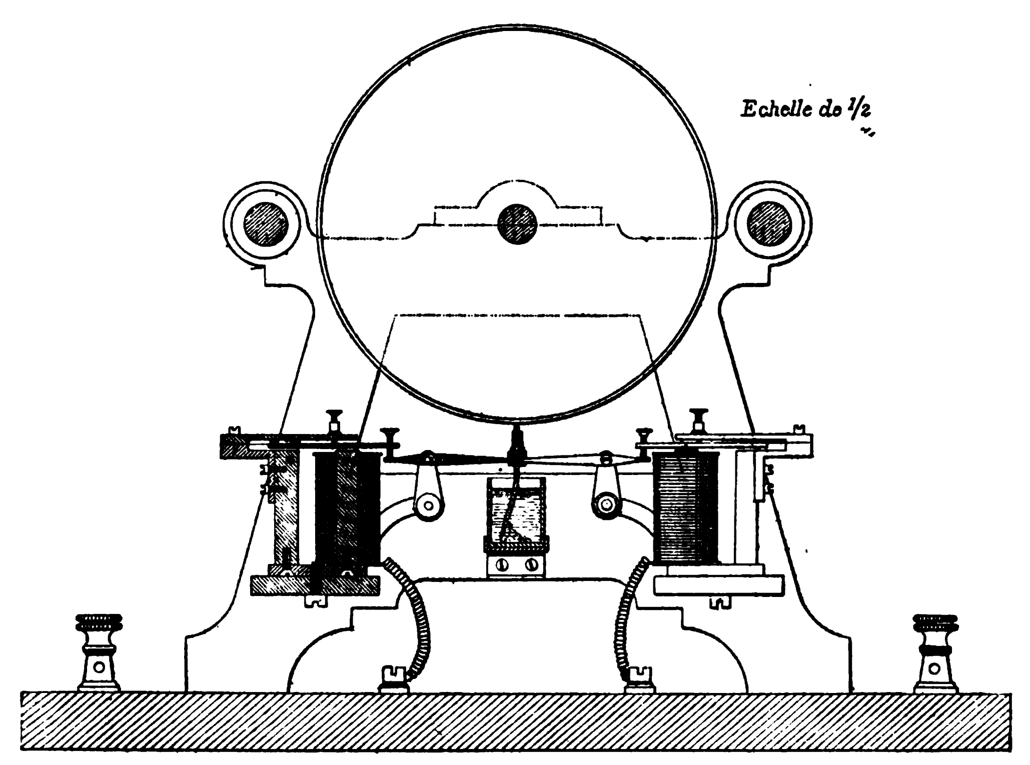


Fig. 1090. — Contrôleur électrique pour rondes de nuit.

Il est nécessaire de pouvoir enlever tous les jours le cylindre pour changer le papier et le replacer ensuite, sans altérer le rapport entre la position des heures imprimées et les heures marquées par l'horloge. Pour cela, l'axe du cylindre se termine par une manivelle dont la poignée s'engage dans le trou d'un plateau mû par l'horloge; c'est par le plateau et la manivelle que l'horloge communique le mouvement au cylindre. Lorsque la manivelle est engagée dans le trou du plateau, le cylindre occupe une position définie par rapport aux aiguilles de l'horloge. Si l'on enlève le cylindre pour changer la feuille de papier, le plateau continue sa rotation, et, lorsqu'on replace le cylindre, il se trouve exactement dans la même position que si on ne l'avait pas enlevé.

E

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE. — Éclairage des mines. — Les nombreux accidents qui ont eu lieu depuis quelque temps ont appelé de nouveau l'attention sur les avantages incontestables que présenterait l'éclairage électrique dans les mines. Aussi a-t-on vu surgir de toutes parts de nouvelles lampes électriques destinées à cet usage.

La lampe de M. Pollak est alimentée par des accumulateurs du même inventeur, contenus dans une boîte rectangulaire en ébonite, qui repose sur un plateau métallique. Le couvercle, également en ébonite, porte la lampe à incandescence, qui est entourée d'un cylindre en verre épais. Un chapiteau métallique, serré par des boulons, recouvre le tout. Une feuille de caoutchouc doux, placée entre la boîte et le couvercle, rend la fermeture hermétique. Des tiges en métal inoxydable traversent le couvercle et portent à la base des contacts de platine qui s'appuient sur d'autres contacts de même substance, fixés aux accumulateurs. La partie supérieure de ces tiges porte des ressorts dont l'un communique avec la lampe d'une façon permanente. L'autre peut être relié à l'autre extrémité du filament au moyen d'une aiguille qu'on introduit dans un canal horizontal pratiqué dans le couvercle.

Les contacts se trouvent ainsi à l'intérieur de la boîte, de sorte que l'ouverture et la fermeture du circuit ne peuvent produire d'explosion. La lampe peut donc être allumée ou éteinte dans une atmosphère inflammable.

Il est inutile de démonter l'appareil pour recharger les accumulateurs: on établit les contacts au moyen d'une fourche qu'on introduit dans deux trous pratiqués dans le couvercle.

Le modèle ordinaire ordinaire pèse 1800 grammrs environ et donne une intensité lumineuse de 0,7 à 0,8 bougie pendant environ douze heures.

La Compagnie anglaise *Stella* a fait présenter récemment à l'Académie des sciences une lampe électrique portative destinée à l'éclairage des mines. Elle ne pèse que 1600 grammes et donne une intensité d'une bougie pendant plus de douze heures; elle peut même durer jusqu'à quatorze ou seize heures et se recharge en cinq heures.

Cette lampe est constituée par un accumulateur, formé de deux petits vases en ébonite, renfermant chacun cinq plaques de 75 sur 45 millimètres, assujetties de façon à les garantir contre les chocs. Deux de ces plaques, qui sont en *lithanode* (Voy. ACCUMULATEUR), pèsent ensemble 180 grammes et ont une capacité de 7 ampères-heure. Les trois autres plaques sont en plomb spongieux, maintenu par un support extrêmement léger et très conducteur. Le lithanode s'améliore par les charges successives. La capacité totale de l'accumulateur est de 4 volts et 7 ampères-heure, soit 28 watts-heure. Le liquide est de l'acide sulfurique étendu, de densité 1,170.

L'accumulateur est renfermé dans une boîte en acier galvanisé, garnie intérieurement de surfaces de caoutchouc pour remédier aux chocs.

La lampe à incandescence est placée en avant de la boîte, et protégée par une lentille de verre. Elle est montée sur un ressort à boudin, qui lui permet de rentrer dans la boîte si elle reçoit un choc après que le premier verre serait cassé. Un commutateur, placé au-dessus de la lentille, sert à allumer et éteindre la lampe. En cas d'éboulement, les mineurs enfermés dans la mine pourraient ainsi ne garder qu'une seule lampe allumée, et conserver de la lumière pendant autant de fois douze heures qu'ils auraient de lampes avec eux.

Éclairage des travaux agricoles. — Nous avons indiqué déjà l'avantage que l'on peut trouver à employer la lumière électrique pour permettre de poursuivre pendant la nuit les travaux agricoles qui demandent à être menés rapidement, par crainte de mauvais temps ou pour toute autre raison, comme la moisson, etc.

La maison Albaret construit pour cet usage un appareil composé d'une locomobile ordinaire, d'une dynamo et d'une potence destinée à supporter un régulateur (fig. 1100). Le tout est monté sur un même chariot à quatre roues, et forme un ensemble homogène qu'on peut déplacer facilement.

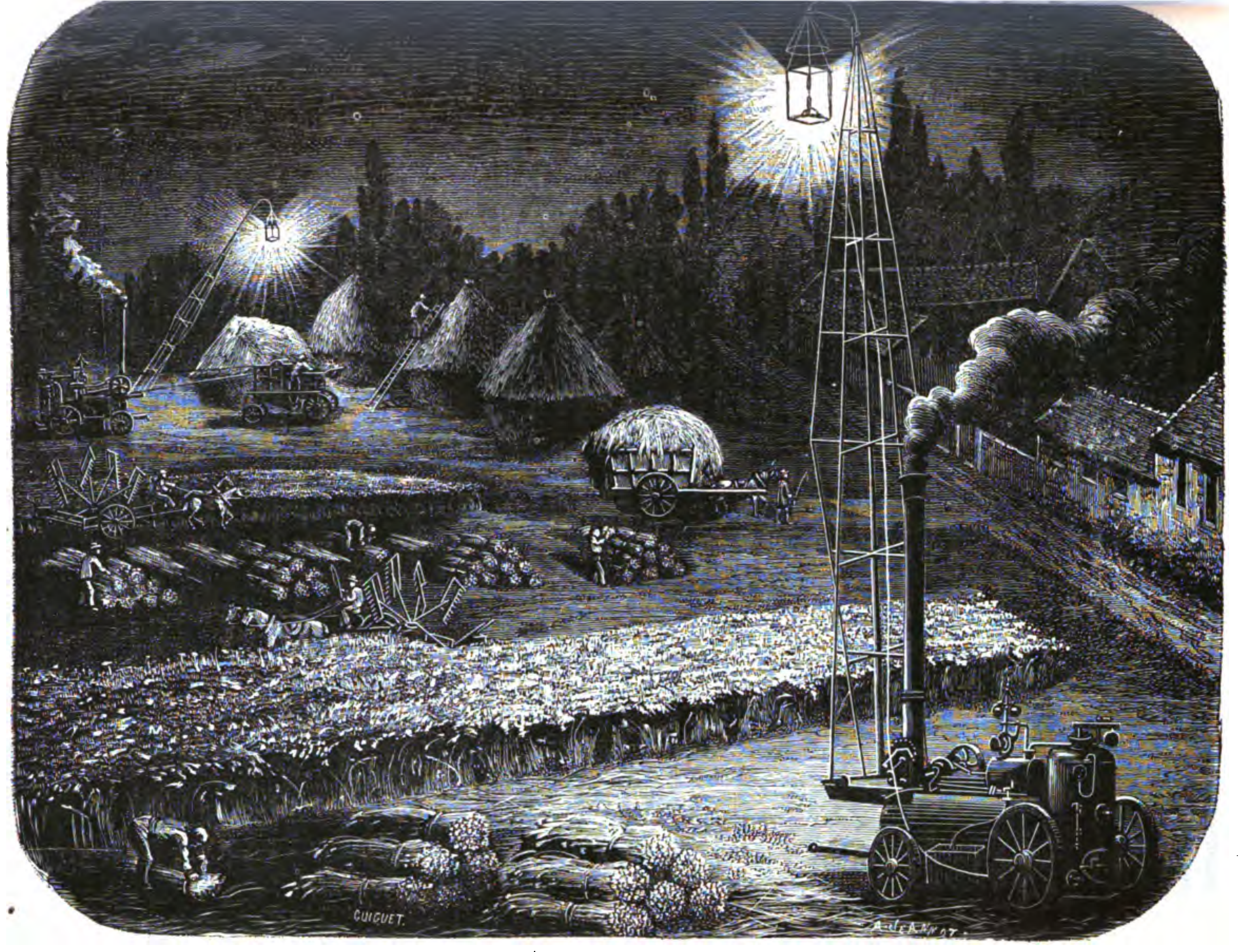


Fig. 1100. — Éclairage électrique des travaux agricoles.

La machine à vapeur est semblable aux locomobiles employées d'ordinaire par les agriculteurs et les industriels. Elle est du système horizontal avec chaudière tubulaire, d'une puissance de 3 à 4 chevaux. On peut la remplacer par une machine plus forte, si on veut l'employer à donner le mouvement à une batteuse en même temps qu'à éclairer le travail.

La dynamo est une machine Gramme, placée sous le corps cylindrique et en avant de la boîte à feu. Elle est fixée sur un patin en fonte, boulonné à la chaudière, et actionnée au moyen d'une courroie par l'arbre manivelle de la locomobile.

Le mât, placé à l'avant de l'appareil, est formé de tubes en fer emmanchés les uns dans les autres et arrêtés par des frettes; ces tubes sont armés de croisillons et de fils de fer articulés, afin de faciliter le démontage et le transport. Pour la même raison, le mât peut tourner autour d'un axe horizontal, qui permet aussi de l'incliner plus ou moins pour faire varier la position de la lanterne.

A l'avant de la cheminée est installé un petit treuil à chaîne commandé par des engrenages et une manivelle. La partie inférieure de la cheminée est fixée à la chaudière; elle est faite en tôle épaisse, afin de fournir une résistance suffisante pour maintenir le mât. Sur cette partie fixe vient se boulonner une autre partie dont l'extrémité supérieure est maintenue par deux tirants. Elle porte une poulie à gorge sur laquelle vient passer la chaîne du treuil, qui est accrochée au mât. On comprend facilement qu'en faisant tourner le tambour dans un sens ou dans l'autre on obtiendra l'abaissement ou le relèvement du mât.

La lanterne est placée à l'extrémité de la potence, où elle est maintenue par une corde passant sur de petites poulies. On peut, par conséquent, la descendre lorsqu'on veut régler les régulateurs, changer les charbons, ou pour tout autre motif.

On la descend aussi lorsqu'on veut changer de place la machine pour éclairer un autre point. Dans ce cas, la lanterne se place sur le bâti du treuil. Pour démonter la potence, quand il faut transporter l'appareil à une distance suffisamment grande, ou pour le mettre à l'abri, on commence par descendre la lanterne, puis on abaisse le mât au moyen du treuil et on le démonte aux jonctions des tubes, après avoir préalablement enlevé l'armature.

ÉLECTROCUTION. — Nom donné en Amérique aux exécutions capitales par l'électricité. Nous avons décrit plus haut (V. Exécution capitale) l'appareil adopté. La première exécution a eu lieu le 7 août dernier dans la prison d'Auburn, à New-York, sur un Philadelphien nommé Kemmler, qui était condamné à mort depuis quatorze mois.

Le condamné ayant été lié sur le fauteuil construit pour cet usage, et les électrodes appliquées sur la tête et sur les mains, on établit le courant.

Le corps du condamné sursauta violemment; les membres se contractèrent et la secousse amena une contraction effroyable du visage. Le condamné poussa un profond soupir, puis le corps se raidit. Après que le courant électrique eut duré une demi-minute à peu près, il fut arrêté, et les médecins s'approchèrent du supplicié.

Après un examen sommaire, trois médecins déclarèrent que Kemmler était mort, mais, un peu après, le Dr Spitzka fit observer qu'un souffle semblait sortir encore de la bouche. A peine avait-il fait cette observation que la poitrine de Kemmler se souleva convulsivement, et l'on vit de nouveau se produire des contorsions horribles du corps et des mouvements saccadés de la mâchoire.

Kemmler n'était pas mort. Tous les assistants étaient pénétrés d'horreur. L'un des journalistes présents s'évanouit.

On remit le casque sur la tête du supplicié, et on établit de nouveau le courant électrique. A peine le courant avait-il été établi qu'il se répandit dans la salle une odeur nauséabonde de chair et de cheveux brûlés. C'était le corps du condamné qui brûlait !

On arrêta le courant et les médecins furent unanimes à constater la mort. Ils déclarèrent en même temps que, si le courant n'avait pas tué le condamné, celui-ci avait dû cependant perdre immédiatement toute conscience.

L'autopsie a démontré qu'un cercle bien défini existait sur le haut de la tête, où la peau avait été enlevée, tandis que dans le dos, où l'on avait appliqué la seconde électrode, on a constaté une marque circulaire de quatre pouces de circonférence.

La chaleur excessive avait complètement desséché l'éponge de l'électrode; le sang était légèrement coagulé et les poumons congestionnés.

Le cœur et les intestins présentaient l'apparence normale, mais, au-dessus du cerveau et au-dessous de l'endroit où avait été appliqué l'électrode, le sang était carbonisé.

Un des témoins de l'exécution, le Dr L. Balch, s'exprime ainsi : « Lors du passage du courant, le seul effet visible fut la tension des muscles et le gonflement des narines et des lèvres. Il n'y avait aucun symptôme de souffrance sur la face ni dans l'action musculaire. Je crois que la sensibilité fut absolument paralysée par la première application. Le courant fut maintenu dix-sept secondes, pendant lesquelles le corps du condamné resta tendu pour retomber inerte dès que le courant eut été interrompu. La mort paraissait être survenue, si l'on peut en juger par l'apparence générale du visage et par l'aspect du corps. Cependant le courant n'avait pas été maintenu assez longtemps pour déterminer la mort complète. Quelques secondes après la rupture du courant, des signes de vie furent découverts ; la sensibilité n'était pas revenue ; mais le cœur et les poumons essayèrent d'accomplir leurs fonctions, en même temps qu'une écume mousseuse paraissait autour de la bouche. La seconde application du courant fut prolongée pendant trois à cinq minutes, et, quand on rompit le circuit, l'homme était mort. »

Tous les journaux de New-York ont protesté contre cette exécution, qu'ils ont qualifiée de boucherie.

Il est probable cependant que le condamné a été tué par le premier courant, ou au moins qu'il a perdu immédiatement la sensibilité. Ce mode d'exécution, qui offre peut-être aux assistants un spectacle fort désagréable, paraît cependant moins inhumain que la pendaison, qu'il est appelé à remplacer définitivement, malgré les péripéties qui ont accompagné la première tentative. En effet, le coroner Jenkins, qui a fait l'autopsie, a émis l'avis que l'électricité est bien préférable à la pendaison et donne moins de souffrance, la pendaison n'amenant jamais la mort avant huit ou dix minutes.

D'ailleurs on pourra sans doute une autre fois, en prenant les précautions convenables, éviter les scènes regrettables qui se sont produites la première fois. Ainsi, d'après M. Charles R. Barnes, les dynamos étaient installées sur un plancher d'étage auquel elles communiquaient, à pleine vitesse, des vibrations de 10 à 25 millimètres. Les courroies étaient neuves et faillirent quitter les poulies quand on ferma le circuit; on eut bien de la peine à les maintenir pendant le temps nécessaire.

Enfin, d'après M. Edison, les points choisis pour établir le contact, c'est-à-dire la base du crâne et le bas de l'épine dorsale, étaient extrêmement défavorables, à cause de la grande résistance des os et des cheveux. Grâce à ce choix, le condamné n'aurait reçu qu'une faible partie du courant, car une tension de 1300 volts pendant un temps aussi long l'aurait complètement carbonisé. On serait beaucoup plus certain d'obtenir une mort rapide en faisant pénétrer le courant par les mains, préalablement nettoyées, et plongées dans la soude caustique. Les doigts, les mains et les bras, grâce au sang qui y circule, forment de bons conducteurs. M. Edison pense du reste que Kemmler était mort après le passage du premier courant. La mort par pendaison peut être également suivie de mouvements musculaires.

ÉLECTROMÉTALLURGIE. — Nous avons indiqué plus haut les tentatives faites pour appliquer l'électricité à la préparation industrielle de certains métaux, tels que l'aluminium, le zinc, le cuivre. Nous ferons connaître encore un certain nombre de procédés récents.

Extraction de l'aluminium. — Nous avons décrit le procédé Cowles, qui a été le premier appliqué en Amérique, et qui consiste à réduire l'alumine par le charbon, sous l'influence de la chaleur dégagée par l'arc voltaïque. L'opération se fait dans un fourneau en briques réfractaires, garni de brasque faite avec du charbon et de la chaux. Les électrodes, placées dans le sens de la longueur, sont constituées par des faisceaux de crayons en charbon, encastrés dans une monture métallique. Elles sont inclinées et se déplacent du dehors au moyen de crémaillères ; on modifie leur distance pour régler le courant.

Dans le procédé Héroult, on décompose l'alumine par l'arc voltaïque, en présence d'un métal, si l'on veut obtenir un alliage, ou de la cryolithe, fluorure double d'aluminium et de sodium, lorsqu'on veut avoir l'aluminium pur. On opère dans une caisse en fonte, garnie de plaques de charbon conducteur reliées au pôle négatif ; on y ménage une cuvette que l'on remplit du métal qu'on veut allier à l'aluminium. L'électrode positive, formée d'un prisme en charbon, est approchée à une distance d'environ 3 millimètres, et le métal entre en fusion. On jette alors dans le fourneau l'aluminium mélangé de métal, par un trou de chargement ménagé dans le couvercle ; l'oxyde est réduit avec formation d'oxyde de carbone, probablement aux dépens de l'anode. On fait sortir de temps en temps l'alliage par un trou de coulée placé à la partie inférieure.

Il suffit d'employer une force électromotrice de 20 et souvent même de 10 à 15 volts, avec une intensité de 3000 à 4000 ampères. Le courant est fourni par deux dynamos de 20 volts et 6000 ampères, qui empruntent la force motrice à une chute d'eau de 800 chevaux environ.

L'opération est continue : on règle la distance de l'anode d'après l'indication de l'ampèremètre et on la remplace rapidement quand elle est usée.

Si l'on veut avoir l'aluminium pur, on fait usage d'une cathode en cuivre, isolée du reste de la caisse par un pisé en charbon, et le métal se rassemble dans l'espace compris entre cette électrode et les parois. On charge d'abord de la cryolithe, que l'on fond; puis on ajoute par petites portions un mélange d'alumine et de cryolithe.

Le rendement est d'environ 16 grammes d'aluminium par cheval-heure; on a pu même atteindre 30 ou 40 grammes. Pour obtenir 1 kilogramme de métal, on prend 2200 grammes d'alumine calcinée, 1600 grammes de cryolithe, et l'on use 1600 grammes de l'électrode de charbon. Un appareil donne environ 20 kilogrammes d'aluminium par vingt-quatre heures.

Le prix de revient de l'opération elle-même ne dépasserait pas 5 francs par kilogramme, mais le chiffre considérable des frais généraux (200000 fr. par an) force à élever le prix de vente à 20 ou 30 francs.

« L'aluminium obtenu est à 80 p. 100. La plupart des impuretés se volatilisent, mais la silice se réduit : le procédé peut, du reste, servir à la production des alliages de silicium.

« Il ne diffère en somme du procédé Cowles que par des détails opératoires. On supprime le charbon dans le mélange traité, mais l'électrode semble fournir le charbon nécessaire à la réduction. Les appareils semblent plus faciles à conduire et permettent de marcher avec une différence de potentiel plus faible, grâce sans doute à la faible distance maintenue entre les électrodes. Pour l'aluminium pur, l'emploi du bain de cryolithe, en protégeant ce métal, permet sa préparation, difficile par le procédé américain. » (U. Le Verrier, *Note sur les progrès récents de la métallurgie.*)

Le procédé Kleiner, que nous avons décrit plus haut, ne semble donner qu'un faible rendement.

Le procédé Bernard et Minet, employé à Creil, n'utilise le courant que pour l'électrolyse, le mélange étant fondu par l'action de la chaleur. Dans ces conditions, il suffit d'avoir une force électromotrice de 5 volts.

Pour obtenir l'aluminium pur, on fond à 700°, dans une cuve en fer, un mélange de 40 parties de fluorure d'aluminium avec 60 à 70 de chlorure de sodium. Au fond on place les deux électrodes, et au-dessous une coupelle de charbon qui reçoit le métal mis en liberté. Les parois de la cuve sont reliées au pôle négatif par une dérivation qui ne laisse passer que 5 à 10 p. 100 du courant total : elles se recouvrent ainsi d'une couche d'aluminium qui empêche le fer d'être attaqué.

Une partie du fluorure, 10 p. 100 environ, se volatilise. Le fluor que l'électrolyse dégage au pôle positif est absorbé dans de l'aluminium en poudre, afin de régénérer le fluorure qui a été réduit.

Il faut 2 kilogrammes d'alumine et 1,5 kilogramme de fluorure pour obtenir 1 kilogramme de métal. La production peut atteindre 25 grammes par cheval-heure. En prenant les parois de la cuve comme électrode négative, et remplaçant le fluorure par de la cryolithe, additionnée de bauxite, on peut obtenir de l'aluminium ferreux, et la production peut s'élever jusqu'à 40 grammes par cheval-heure.

« Il est assez difficile de se prononcer maintenant sur l'avenir réservé à ces différents procédés. Je pense que les méthodes électriques sont destinées à l'emporter; car si, dans les méthodes chimiques, on est amené à préparer le sodium par l'électrolyse, il semble rationnel de supprimer cet intermédiaire : il ne pourrait conserver d'utilité que pour la préparation de l'aluminium extra-pur, où jusqu'à présent les méthodes chimiques semblent mieux réussir que les autres.

« Quant aux procédés électriques, les plus faciles à manier doivent être ceux qui emploient des courants à faible tension. (Les rendements paraissent comparables.) Le procédé Minet a peut-être à ce point de vue un avantage ; le procédé Héroult aurait en revanche la supériorité de ne pas employer des produits de préparation compliquée comme le fluorure d'aluminium ; mais cet emploi est peut-être une condition indispensable pour avoir de l'aluminium tout à fait pur, ce qui semble peu conciliable avec l'usage de la cryolithe naturelle.

« Le procédé Héroult serait peut-être le plus simple pour la fabrication des alliages, tandis que l'autre l'emporterait pour l'extraction de l'aluminium.

« Aucune de ces méthodes, du reste, ne résout le problème d'extraire l'aluminium de ses composés très répandus dans la nature, comme les argiles. Toutes sont encore obligées d'employer des matières pures, c'est-à-dire, soit des minerais rares comme le corindon, soit des produits artificiels.

« La réduction du silicium, dont la présence est nuisible même dans les alliages, empêche de recourir aux substances non exemptes de silice. Malgré ces circonstances, le prix des matières premières ne constitue que le tiers ou le quart des frais : la main-d'œuvre, les opérations accessoires dans les méthodes chimiques, dans les autres cas, l'amortissement des grandes installations électriques se reportant sur une production assez faible, sont les causes principales de l'élévation du prix de revient. » (U. Le Verrier, *loc. cit.*)

Extraction des métaux précieux. — On sait qu'il est très difficile d'extraire l'or et l'argent des minerais complexes dans lesquels ils sont unis avec l'arsenic, l'antimoine, le soufre, parce que ces composés ne se laissent pas en général griller complètement et résistent dans ce cas à l'amalgamation comme à la plupart des réactifs. Ainsi les pyrites aurifères, qui se rencontrent assez fréquemment, restent souvent inutilisées lorsqu'elles ne sont pas très riches.

Beaucoup de procédés ont été essayés inutilement pour traiter ces minerais : la meilleure méthode paraît consister à traiter les résidus de grillage par le chlore gazeux qui dissout l'or.

L'électrolyse, qui produit facilement du chlore naissant, semble fournir une excellente solution. On fait passer les minerais dans une dissolution de sel marin ou d'autres chlorures, décomposée par un courant à haute tension. Le chlore dégagé au pôle positif attaque tous les composés de l'or et de l'argent, et ces deux métaux se dissolvent à l'état de chlorure double.

Un certain nombre de méthodes récentes utilisent la réaction qui précède. La plus pratique paraît être celle de M. Cassel, qui permet de dissoudre l'or et de le précipiter en une seule opération.

L'opération se fait dans une auge de bois, dont les parois sont garnies de plaques de cuivre formant l'électrode négative. Dans cette auge tourne un tambour en matière poreuse telle que l'amiante, dont l'axe communique avec le pôle positif et porte des baguettes de charbon, qui viennent aboutir près de la cloison d'amiante. L'anode ainsi constituée est donc toujours séparée de la cathode par le diaphragme poreux.

On remplit l'appareil d'une solution de sel marin, on fait passer le courant, puis on verse le minerai dans le tambour, qui tourne avec une vitesse de 10 tours par minute. L'or se dissout, et le chlorure, traversant librement la cloison poreuse, va s'électrolyser dans l'auge, de sorte que le métal se dépose, sous forme de poudre, sur les plaques de cuivre qui constituent la cathode. Cette poudre est ensuite lavée, séchée, puis fondue et raffinée.

Si le minerai est formé de blendes ou de pyrites cuivreuses, le zinc et le cuivre se dissolvent aussi et se déposent avec l'or.

Dans cette méthode, on doit éviter que le bain devienne acide, car le fer, qui se trouve toujours dans le minerai, précipiterait l'or. Pour écarter cet inconvénient, on bocarde le minerai avec du sel marin, et l'on ajoute une certaine quantité de chaux, qui précipite le fer.

Dans le procédé Body, on électrolyse une dissolution de chlorure alcalin et de perchlorure de fer. L'opération se fait dans un cylindre tournant contenant des boulets en fer. Le minerai est attaqué. L'or et l'argent se dissolvent, puis se précipitent de nouveau par l'action du fer : ils restent donc mélangés au minerai, mais sous un état différent, qui les rend faciles à amalgamer. On arrête alors la rotation et l'on ajoute du mercure.

M. U. Le Verrier, dans la note à laquelle nous empruntons la plupart des renseignements qui précèdent, examine les avantages et les inconvénients que présente l'application de l'électricité à la métallurgie. Il cherche d'abord si la production de chaleur par l'électricité, c'est-à-dire l'emploi du four électrique, peut être économique.

« Il est très difficile de calculer *a priori* quelle portion de l'intensité d'un courant on pourrait utiliser sous forme de chaleur. Mais, au point de vue pratique, le traitement de l'aluminium fournit une donnée réelle. On obtient couramment 15 grammes de ce métal par cheval-heure, et, dans des essais soignés, on est arrivé à une production de 40 grammes. En tenant compte du poids des matières qu'il faut fondre et admettant une température de 1500°, il y aurait environ 60 calories utilisées (je ne tiens pas compte de la réduction de l'alumine, compensée par la combustion du charbon des électrodes ou de celui qu'on ajoute dans la charge).

« Prenons ce chiffre comme représentant l'utilisation pratique qu'on peut espérer en général. Supposons que le cheval-heure, produit par une force hydraulique, revienne seulement à 1 centime, et que la tonne de houille vaille 20 francs : l'électricité donnera 60 calories, pour le prix de 500 grammes de charbon, qui peuvent en dégager 3000. D'autre part, dans un four à bonne marche, comme dans les fours Siemens, l'utilisation peut atteindre 20 p. 100. C'est donc 600 calories qu'on aurait pour le même prix en chauffant avec de la houille.

« Ainsi le chauffage par l'électricité serait 10 fois plus coûteux, et, dans la pratique, ce rapport pourrait s'élever à 20.

« Cet écart diminuerait pour les températures très élevées, et surtout pour les opérations où il faut chauffer en vase clos ; car alors, comme dans la fusion de l'acier en creuset, l'utilisation du charbon peut descendre au-dessous de 5 p. 100.

« L'électricité offrira des avantages sérieux pour certaines opérations spéciales ; elle permet de chauffer seulement un point déterminé, elle n'expose pas la matière au contact parfois dangereux du combustible ou des flammes; elle sera d'un maniement très commode dans les cas où le charbon serait à peu près impossible à employer. C'est ce qui arrive pour les soudures autogènes, qu'on ne pourrait guère faire autrement (sauf avec le chalumeau à oxygène). Elle peut développer des températures irréalisables avec d'autres procédés et elle a seule permis jusqu'à présent d'une manière courante la réduction directe de l'alumine.

« Il y a donc des cas où les combustibles ordinaires ne peuvent pas remplacer l'électricité. Mais, dans l'état actuel de la science, ce sont les seuls où l'emploi de cet agent comme producteur de la chaleur soit rationnel. C'est un chauffage de luxe, auquel l'industrie ne peut recourir que contrainte et forcée, toutes les fois du moins qu'il s'agit d'opérations en grand, où le prix de revient de la chaleur joue un rôle assez important pour être pris en considération. »

ÉLECTROPHORE. — Le Dr A. Bloch a imaginé un électrophore qui, malgré ses petites dimensions, donne de bons résultats.

Cet électrophore se compose d'un disque en verre et d'un plateau en laiton à manche isolant de verre. Le développement de l'électricité a lieu par le frottement direct du métal sur le verre. Le manche isolant étant fixé au plateau métallique, on saisit ce plateau par la partie inférieure du manche, aussi bas que possible, en le prenant, comme une plume à écrire, entre le pouce et l'index de la main droite, les autres doigts appliqués sur la surface du métal. On le pose sur le plateau de verre, et, pour effectuer le frottement, on le fait tourner deux ou trois fois sur le verre comme si on voulait l'essuyer, en se servant des doigts de la main droite qui sont restés dans la même position et s'appuient solidement sur le métal, de manière à exercer une certaine pression des deux plateaux l'un contre l'autre. Quant au plateau de verre, il est bon de le tenir près du bord au moyen de deux doigts de la main gauche, pour l'empêcher de glisser pendant le frottement. On soulève ensuite le plateau métallique par le verre du manche, à sa partie supérieure, et d'un doigt de la main gauche on en tire une étincelle.

Il n'est pas nécessaire, si l'on veut recharger le plateau métallique, de recommencer chaque fois le frottement. Le contact suffit ensuite. On remet le plateau métallique sur le verre et on applique l'extrémité d'un doigt de la main droite sur le métal; puis, comme auparavant, on le soulève par le verre du manche pour obtenir une nouvelle étincelle. Ce n'est que par intervalles qu'il faut reprendre le frottement.

On peut encore frotter le métal sur le verre de la façon suivante : on appuie fortement le bout des doigts de la main droite sur le plateau métallique et on le fait tourner deux ou trois fois sur le verre comme précédemment, sans qu'il soit nécessaire de tenir le manche.

Avec cet électrophore on peut charger une bouteille de Leyde.

Les avantages de cet appareil sont les suivants. La peau de chat est supprimée. Son emploi, d'ailleurs, serait loin de donner des résultats aussi sensibles que le frottement direct du métal sur le verre.

L'électricité qu'il donne est *négative*, au lieu que l'électricité fournie par les électrophores de résine ou d'ébonite est *positive*, en sorte que, pour certaines démonstrations, l'on peut se dispenser de recourir à des machines électriques pour avoir de l'électricité négative susceptible d'être utilisée pour les expériences.

L'électrophore de métal et de verre fonctionne par les temps les plus humides. Quand l'humidité se dépose sur les objets, il faut essuyer les deux plateaux et surtout le verre du manche, par lequel se ferait principalement la déperdition de l'électricité dans cette circonstance. Il se pourrait que, dans une pièce renfermant un

très grand nombre de personnes, l'électricité ait quelque difficulté à se manifester rapidement; en ce cas, il n'y aurait qu'à ouvrir une fenêtre pendant quelques minutes pour renouveler l'air et l'appareil recommence à fonctionner.

Enfin, cet électrophore ne présente pas les inconvénients des électrophores de résine ou d'ébonite. En effet, le caoutchouc durci finit par perdre ses propriétés électriques par suite de l'altération de sa surface, et la résine se déforme et se fendille au bout d'un certain temps. Il est vrai qu'on peut remédier à ce dernier défaut en refondant la surface de la résine, ce qui n'offre aucune difficulté. Avec l'électrophore à plateau de verre, la surface peut se rayer par le frottement, mais cela ne présente aucun inconvénient au point de vue de l'électrisation.

ÉLECTROSCOPE. — Le pendule électrique et même l'électroscope à feuilles d'or peuvent être avantageusement remplacés dans les cours par l'électroscope du Dr A. Bloch. Ce petit appareil est formé d'une aiguille d'aluminium extrêmement légère, qui repose par une chape d'agate sur une pointe métallique verticale, fixée elle-même au sommet d'un support isolant. La chape n'est pas fixée au milieu de l'aiguille, mais près d'une extrémité, et le plus petit bras porte une petite masse de cuivre, qui maintient l'aiguille en équilibre.

L'appareil se charge par influence ou par contact, comme les électroscopes ordinaires. On le décharge en touchant la partie métallique du support. On peut donner à l'aiguille d'aluminium une grande longueur sans augmenter beaucoup son poids. L'instrument est beaucoup plus sensible que l'électroscope à feuilles d'or, et les déviations se voient beaucoup mieux. Ainsi, il permet de montrer à un nombreux auditoire la petite quantité d'électricité prise à un conducteur électrisé par un plan d'épreuve.

ESSAI DE L'ÉLASTICITÉ DES MÉTAUX. — M. Cordier a appliqué les sonneries électriques à la mesure de l'élasticité, ainsi qu'à celle de l'allongement produit par une charge quelconque.

On fixe sur la règle à étudier deux colliers munis de coussinets en caoutchouc, qui servent d'isolateurs, et permettent en outre le serrage sur une barrette de forme quelconque. L'un de ces colliers porte un buttoir en métal, l'autre est muni d'une vis à manchon gradué, qu'on amène au contact avec le buttoir : ce contact ferme un circuit qui contient une sonnerie.

Pour déterminer la limite d'élasticité, on applique d'abord à la règle une charge faible ; par suite de l'allongement qui en résulte, le contact électrique est rompu et la sonnerie cesse de tinter. Dès qu'on enlève la charge, la barre reprend sa première longueur et la sonnerie se fait entendre de nouveau. On applique ensuite des charges de plus en plus fortes, et l'on reconnaît que la limite d'élasticité est dépassée lorsque, après la suppression d'une charge, le courant ne se rétablit pas. En employant des charges très rapprochées, on peut enfermer la mesure entre des limites aussi étroites qu'on le veut.

Pour mesurer l'allongement produit par une charge déterminée, on déplace la vis de façon à rétablir le contact pendant l'application de la charge; on lit sur le manchon gradué le déplacement de la vis ou l'allongement de la règle.

F

FIL BIMÉTALLIQUE. — M. Edouard Martin a donné ce nom à un fil compound, qu'il fabrique depuis quelques temps et qui paraît donner de très bons résultats. Ce fil a été mis à l'essai par l'administration des télégraphes et par plusieurs gouvernements étrangers. Il est formé d'une âme d'acier recouverte d'une enveloppe de cuivre pur. La résistance à la traction est, dit-on, supérieure à celle de l'acier, car elle est comprise entre 75 et 95 kilogrammes par millimètre carré. La conductibilité est 0,60 de celle du cuivre pur. Un fil bimétallique de 1,9 mm. de diamètre convient bien pour une ligne téléphonique, au double point de vue de la résistance mécanique et de la conductibilité. Il pèse 25,35 kilogrammes par kilomètre et coûte

48,15 fr. Un fil de cuivre présentant la même résistance mécanique aurait 2,5 mm., pèserait 43,7 kilogrammes et coûterait 91,75 fr. Le fil bimétallique permettrait donc de réaliser une grande économie.

H

HAVEUSE ÉLECTRIQUE. — M. Peter Arp a inventé récemment une haveuse qui est employée avec succès dans la mine Jackson, à Powelton.

Cette machine se compose d'un cadre en fer de 61 centimètres de hauteur, 2,50 m. de longueur et 90 centimètres de largeur, qui porte neuf perforateurs destinés à percer le charbon, et séparés par des disques en acier qui découpent le charbon entre les trous. Elle reçoit le courant d'une dynamo de sept chevaux, installée à 1,5 kilomètre environ. Cette haveuse pèse 550 kilogrammes et fait, d'après *The machinery Market*, deux entailles de 1,50 m. de long sur 0,90 m. de large en cinq minutes ; elle se déplace, s'abaisse ou s'élève facilement.

HORLOGE ÉLECTRIQUE. — Nous avons décrit plus haut différents systèmes de remise à l'heure par l'électricité, notamment celui de MM. Dumont et Lepaute, qui est employé par la Compagnie des chemins de fer de l'Est. Nous indiquerons encore le système Pouchard, employé par la Compagnie de l'Ouest.

Le système Pouchard résout très simplement la double question de remise à l'heure à distance et de remontage automatique des horloges; il présente l'avantage de corriger à la fois l'avance et le retard.

Tout fil télégraphique ordinaire peut être utilisé pour la correction de l'heure; un dispositif installé dans chaque régulateur coupe automatiquement la communication avec les appareils pendant 4 ou 5 minutes et l'établit sur l'horloge.

L'application de ce système aux lignes de chemins de [fer semble donc tout indiquée.

Le remontage s'effectue au moyen d'un petit moteur électrique rotatif actionné par deux éléments type Leclanché, qui remonte automatiquement le poids de l'horloge par l'intermédiaire d'une vis sans fin et d'un train d'engrenage difffférentiel.

Ce moteur est combiné de façon à éviter tout point mort.

Le contact est établi entre la pile et le moteur, à des intervalles déterminés, généralement toutes les quatre heures, par un jeu d'étoiles muni de sautoirs.

Si, pour une cause quelconque, le remontage électrique ne s'effectue pas, un index l'annonce extérieurement, mais le régulateur peut fonctionner encore plusieurs jours en attendant l'arrivée de l'agent chargé de l'entretien.

La remise à l'heure est réalisée de la manière suivante. A l'intérieur de chaque régulateur on a disposé un commutateur spécial, traversé par la ligne avant qu'elle aboutisse aux appareils télégraphiques. Au moment prévu pour la remise à l'heure, ce commutateur met automatiquement hors du circuit le télégraphe et établit pendant 4 minutes la communication d'une pile avec la ligne. Deux électro-aimants installés dans chaque régulateur ont pour objet de corriger respectivement l'avance et le retard.

Si les horloges sont bien à l'heure, aucun courant ne passe ; mais, s'il y a désaccord, le courant est reçu dans l'un ou l'autre des électros. La fourchette de l'échappement se trouve dégagée du balancier, qui seul continue sa marche ordinaire. Si l'horloge retarde, l'échappement s'accélère et récupère le retard. Si, au contraire, il y a de l'avance, l'échappement se trouve immobilisé.

Au moment précis où toutes les horloges du circuit sont à l'heure de l'horloge régulatrice, le courant cesse de passer, les échappements deviennent de nouveau solidaires des balanciers, et la ligne se trouve reportée sur les appareils télégraphiques.

La figure 1101 représente le mécanisme de remise à l'heure. La roue *f* fait un tour en vingt-quatre heures, la roue des heures un tour en une heure.

Toutes les vingt-quatre heures la dent *w* du levier *yo'* tombe dans l'encoche *j*, poussée par le ressort *g'*, et la dent *z* tombe sur les dentelures *r'* de la roue *r*, qui correspondent aux 58e, 59e et 60e minutes de l'horloge régulatrice. Ces

dentelures impriment au levier *y* et au contact *q* les mouvements suivants :

1° A la 58e minute, le contact 3*v* est rompu, séparant ainsi le télégraphe de la ligne.

2° A 58 minutes 45 secondes, le circuit de la pile *q* est fermé en *v*4 et mis en rapport par H*k*″ 4*vp* H′ avec le mécanisme de remise à l'heure.

3° A la 60e minute, le contact *q* reprend sa position normale et rétablit le circuit des appareils télégraphiques, par *vp*H′.

Le contact 3 communique par *n* avec l'appareil télégraphique et le contact 2 relie la borne *k* à l'électro *m*. Le contact 1 relie la borne *k*′ à l'électro *l*.

Lorsque l'horloge régulatrice arrive à la 58e minute de l'heure, la touche *q* abandonne le

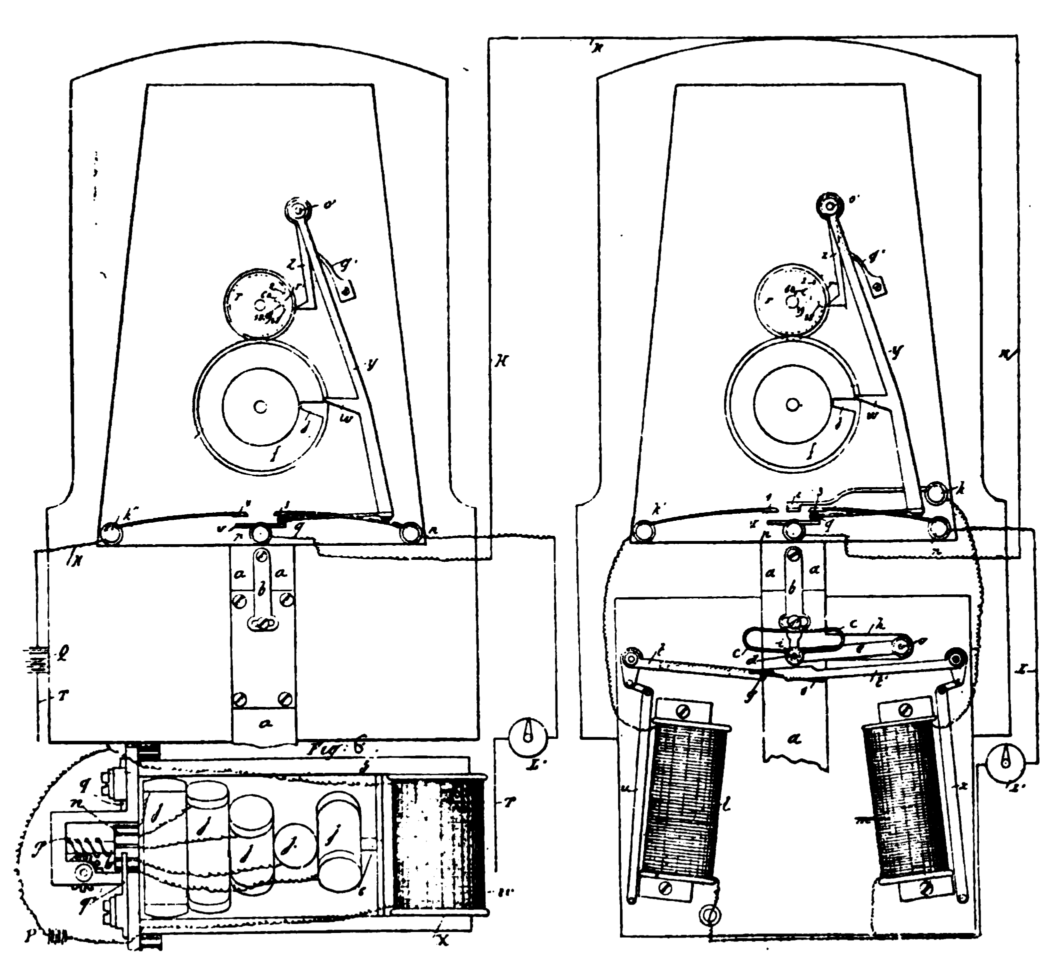


Fig. 1101. — Remontage et remise à l'heure électriques, système Pouchard.

contact 3, sépare l'horloge de la ligne L et ferme par 2 le circuit sur l'électro *m*, ce qui fait déclencher la bielle *c* de *d* et accélère, comme nous l'avons dit, l'échappement *b*. A la 59e minute, la touche *q* ferme le circuit entre *v* et le contact 1 sur l'électro *l* et immobilise l'échappement. Si l'horloge avance, par exemple, d'une minute, le régulateur lui envoie, à 58 minutes 45 secondes, un courant qui l'attaque lorsqu'elle marque 59 minutes 45 secondes, au moment où *q* se trouve entre les contacts 1 et 2, et qui passe dans l'électro *l*, déclenchant la bielle *e*, solidaire du balancier; la coulisse *c* de l'échappement se trouve maintenue à l'arrêt par le ressort *s* jusqu'à la 60e minute, moment où a lieu la rupture du courant par le régulateur type, et reprend alors sa marche normale, entraînée par le balancier *a*.

Si l'horloge retarde de 1 minute, elle marque 58 minutes quand le régulateur correcteur marque 59 minutes. A 58 minutes 50 secondes, le courant passe dans l'électro *m*, déclenche la

bielle *e* et l'échappement bat quatre fois plus vite que le balancier, de manière à récupérer une minute en 20 secondes ; ceci obtenu, le courant de H est interrompu en *m*, et l'échappement réenclenché reprend sa marche normale.

Le système Pouchard, en usage depuis plusieurs années à la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest, fonctionne entre les gares de Paris Saint-Lazare, Paris-Montparnasse et le Mans. Sans aucun entretien, il a donné une entière satisfaction.

J

JOULE. — Unité pratique de travail, qui vaut 10^7 ergs (unité absolue de travail). Le joule est le travail fourni par un coulomb dans un circuit d'un ohm ou dans un conducteur dont les deux extrémités ont une différence de potentiel de 1 volt. D'où le nom de *volt-coulomb*, qu'on lui donne quelquefois. Le kilogrammètre vaut 9,8096 joules. Lorsqu'un travail est exprimé en joules, il suffit donc de diviser son expression par l'intensité de la pesanteur, exprimée en mètres, pour avoir sa valeur en kilogrammètres (Voy. UNITÉS).

L

LABORATOIRE D'ÉLECTRICITÉ. — Nous avons dit plus haut que ce laboratoire avait été installé provisoirement à Grenelle, dans un local prêté par MM. Ménier. Le conseil municipal de Paris a mis à la disposition de la Société internationale des Électriciens, pour une durée de soixante ans, un terrain de 2715 mètres, situé rue Lhomond. A l'expiration de ce délai, le laboratoire construit sur ce terrain, ainsi que tous les objets immeubles par destination, deviendront, sans indemnité, la propriété de la Ville de Paris.

M

MACHINE DYNAMO-ÉLECTRIQUE. — Bien que nous ayons décrit plus haut un très grand nombre de machines dynamo-électriques, nous croyons utile d'en faire connaître encore quelques types récents.

Machines à courant continu. — *Dynamo Ganz.* — Cette dynamo (fig. 1102), construite par MM. Schneider et Cie, du Creusot, est du type supérieur. L'inducteur est en métal forgé et fait corps avec le bâti. Le tambour est composé de minces lames de fer, séparées par des couches de papier, le tout fortement comprimé et creusé de rainures très profondes et très étroites dans lesquelles est placé l'enroulement.

Cette disposition permet de réaliser le bobinage méthodiquement et de réduire l'entrefer à un minimum, ce qui rend très faible la résistance magnétique à cet endroit. Malgré l'emploi de dentelures, l'échauffement des surfaces polaires est extrêmement minime, ce qui s'explique par ce fait que les saillies, étant très étroites, n'occasionnent que de faibles vibrations des lignes de force. Les coussinets, largement calculés, sont d'un type spécial assurant la parfaite stabilité de l'arbre.

Le collecteur, formé de lames de cuivre, est de grandes dimensions, ce qui garantit un bon contact et une longue durée. Les vis qui serrent

les extrémités des fils de l'induit contre les secteurs du collecteur sont munies de *pièces de sûreté* extrêmement simples, consistant en des fils métalliques qu'on enfile dans des trous ménagés dans les têtes des deux vis qui se trouvent sur un même secteur et qu'on replie ensuite aux deux bouts. Cette disposition, extrêmement pratique, empêche les extrémités des fils de se relâcher.

La résistance magnétique étant très petite, comme nous l'avons dit plus haut, on n'a besoin que d'un courant d'excitation très faible. Les inducteurs sont toujours montés en dérivation.

Le réglage se fait en introduisant dans le circuit inducteur des résistances convenables ou en les supprimant. Cette opération se fait à la main pour les grandes variations et automatiquement pour les petites.

Grâce aux bonnes proportions de ses divers éléments, aux soins apportés à sa construction et au choix des matières premières employées, cette dynamo possède un rendement très élevé

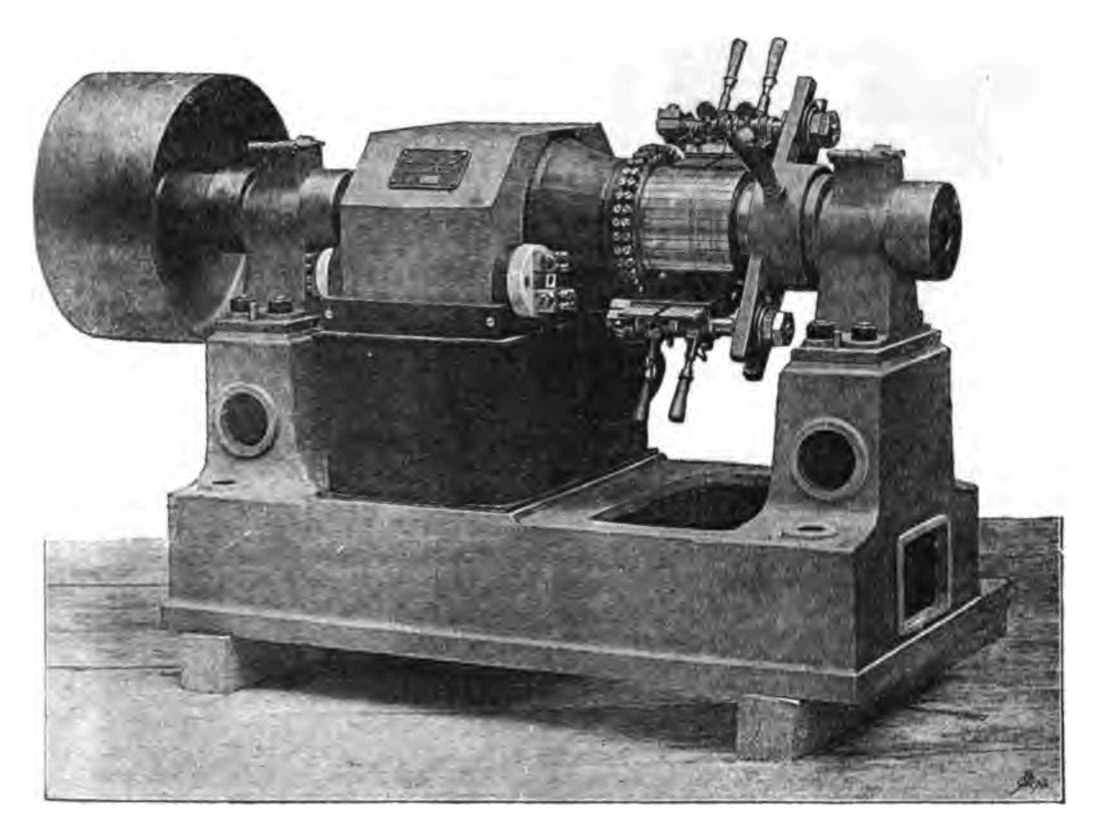


Fig. 1102. — Dynamo Ganz à courant continu, type A.

(0,90 à 0,92) avec une vitesse circonférentielle qui ne dépasse pas 10 mètres, correspondant à des nombres de tours très faibles. Elle est excessivement robuste et jouit d'une grande élasticité de production, qui peut atteindre le double de sa puissance nominale. Le champ magnétique a une stabilité remarquable, ce qui est un très grand avantage au point de vue du réglage des balais, dont le calage reste constant pour des débits très variables, sans donner d'étincelles aux collecteurs.

Ces dynamos sont construites pour des voltages de 60 à 500 et même 1000 volts et pour des puissances de 16500 à 100000 watts.

Elles donnent des résultats très remarquables comme réceptrices pour la transmission de la force par l'électricité.

Ces machines sont encore employées par MM. Ganz comme excitatrices avec les dynamos à courants alternatifs type A, décrites plus loin. Elles peuvent être alors actionnées à la courroie au moyen de l'arbre commun de la machine à courants alternatifs et du moteur, soit accouplées directement à des machines à vapeur

llique, constituant un ruban solide, maintenant bien les fils conducteurs.

Le noyau de fer de l'armature est composé d'anneaux de tôle qui sont maintenus ensemble par des boulons et qui sont reliés avec les rayons du moyeu fixé sur l'arbre.

Dans cette machine, les aimants sont armés d'un anneau de fer vissé sur le bout de ces aimants dirigé vers l'intérieur.

Cet anneau sert à modérer les transitions lorsque les changements de pôles se produisent dans les noyaux de fer de l'armature.

Pour assurer la ventilation de l'induit, on a pratiqué, dans l'intervalle entre les rayons considérés deux par deux, une série de trous disposés en cercle, qui n'empêchent pas la connexion mécanique et magnétique des diverses parties de l'anneau de fer.

Les balais, au nombre de douze, sont montés d'une façon particulière.

Les pièces qui maintiennent ces balais sont reliées au support par des ressorts en feuilles; ces douze balais, grâce à une disposition simple et ingénieuse, se retirent en même temps du collecteur ou s'y appliquent en même temps.

Une autre disposition permet de tourner à volonté, dans un sens ou dans l'autre, la couronne de balais, afin de mettre les brosses au point neutre, selon la charge de la machine.

Cette dynamo est calculée pour 60000 watts; lorsque la tension aux bornes est de 110 volts, elle donne une intensité de 550 ampères, ce qui permet d'alimenter 1000 lampes de 16 bougies. Elle n'occupe que 3,15 m. de longueur sur 2 mètres de largeur.

Petites dynamos. — M. Austin, d'Armley, construit plusieurs modèles de petites dynamos dont la puissance varie de 1 kilowatt à 100 watts, et peut même être inférieure à cette dernière limite.

La dynamo *Bébé* (fig. 1104) est construite avec soin, malgré ses petites dimensions. La base, le noyau et les paliers, fondus d'une seule pièce, forment un ensemble très solide. Le noyau et les pièces polaires sont alésés jusqu'aux deux tiers de leur profondeur, pour recevoir les noyaux des électro-aimants, qui sont en fer de Suède recuit, de première qualité.

Le noyau de l'armature est composé d'une série de disques très minces, en fer suédois au charbon de bois, qui sont tournés avec précision au centre et à la circonférence. Ces disques





su
br
l
des
et
leu
peu
tou
à l'e
port
Le
dans
entr
men
pres
de
tuée
des
est
Le
ne c
effec
L'arm
des :
trémi
Ces
donn
fait e
rende
petits

tallique, constituant un ruban solide, maintenant bien les fils conducteurs.

Le noyau de fer de l'armature est composé d'anneaux de tôle qui sont maintenus ensemble par des boulons et qui sont reliés avec les rayons du moyeu fixé sur l'arbre.

Dans cette machine, les aimants sont armés d'un anneau de fer vissé sur le bout de ces aimants dirigé vers l'intérieur.

Cet anneau sert à modérer les transitions lorsque les changements de pôles se produisent dans les noyaux de fer de l'armature.

Pour assurer la ventilation de l'induit, on a pratiqué, dans l'intervalle entre les rayons considérés deux par deux, une série de trous disposés en cercle, qui n'empêchent pas la connexion mécanique et magnétique des diverses parties de l'anneau de fer.

Les balais, au nombre de douze, sont montés d'une façon particulière.

Les pièces qui maintiennent ces balais sont reliées au support par des ressorts en feuilles; ces douze balais, grâce à une disposition simple et ingénieuse, se retirent en même temps du collecteur ou s'y appliquent en même temps.

Une autre disposition permet de tourner à volonté, dans un sens ou dans l'autre, la couronne de balais, afin de mettre les brosses au point neutre, selon la charge de la machine.

Cette dynamo est calculée pour 60000 watts; lorsque la tension aux bornes est de 110 volts, elle donne une intensité de 550 ampères, ce qui permet d'alimenter 1000 lampes de 16 bougies. Elle n'occupe que 3,15 m. de longueur sur 2 mètres de largeur.

Petites dynamos. — M. Austin, d'Armley, construit plusieurs modèles de petites dynamos dont la puissance varie de 1 kilowatt à 100 watts, et peut même être inférieure à cette dernière limite.

La dynamo *Bébé* (fig. 1104) est construite avec soin, malgré ses petites dimensions. La base, le noyau et les paliers, fondus d'une seule pièce, forment un ensemble très solide. Le noyau et les pièces polaires sont alésés jusqu'aux deux tiers de leur profondeur, pour recevoir les noyaux des électro-aimants, qui sont en fer de Suède recuit, de première qualité.

Le noyau de l'armature est composé d'une série de disques très minces, en fer suédois au charbon de bois, qui sont tournés avec précision au centre et à la circonférence. Ces disques sont isolés soigneusement les uns des autres, et montés sur une forme en bronze dur, parfaitement isolée, puis enroulés d'après le système Gramme. L'armature ainsi constituée est calée

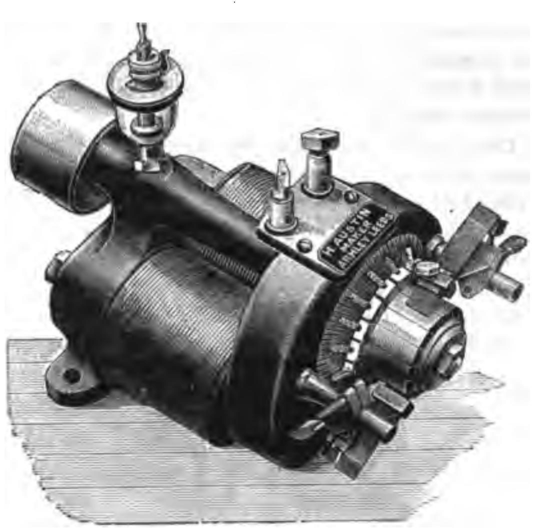


Fig. 1104. — Dynamo Bébé.

sur un arbre en acier et parfaitement équilibrée.

Les segments du collecteur sont isolés les uns des autres aux moyens d'amiante ou de mica, et ont une profondeur radiale suffisante pour leur assurer une longue durée. Les porte-balais peuvent être déplacés à volonté. La poulie est tournée et entièrement polie, à l'intérieur comme à l'extérieur. Les coussinets, qui ont une longue portée, sont en bronze phosphoreux très dur.

Le graissage est parfait. L'huile, contenue dans un lubrificateur à goutte visible, pénètre entre les deux paliers et se dirige extérieurement, maintenant ces paliers parfaitement propres et lubrifiés. Au sortir des paliers, l'huile de graissage est projetée dans des cavités situées à l'extrémité de ceux-ci, et dirigée, par des conduits spéciaux, dans un plateau où elle est recueillie.

Les connexions entre les balais et les bornes ne comportent aucun fil flottant; elles sont effectuées très nettement au moyen de soudures. L'armature peut être retirée en quelques secondes : il suffit de desserrer l'écrou placé à l'extrémité de l'arbre du côté de la poulie.

Ces machines se fabriquent en dix grandeurs, donnant de 50 à 5000 watts. L'enroulement se fait en série, en dérivation ou compound. Le rendement électrique est de 75 p. 100 pour les petits modèles et s'élève jusqu'à 92 p. 100 pour

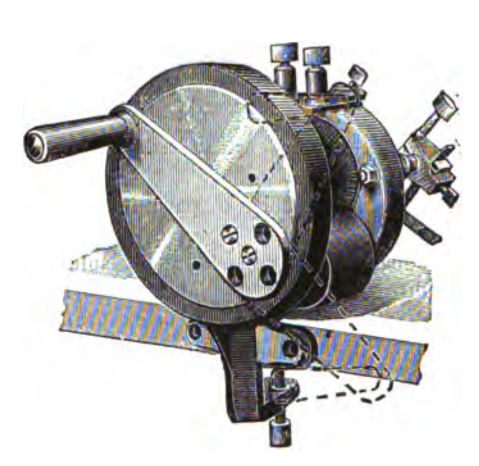
les plus grands. Elles donnent également de bons résultats comme moteurs.

Le même constructeur fabrique une petite dynamo spécialement combinée pour les amateurs, les petits laboratoires, les conférences. Elle convient à tous les cas où l'on n'a besoin du courant que pendant un temps assez court et où l'on ne veut pas s'astreindre à l'ennui de monter des piles.

Cette petite machine (fig. 1105) reçoit le mouvement d'une manivelle qu'on tourne à la main. Elle est très compacte, ne pèse pas plus de 8 kilogrammes et peut donner une puissance de 50 à 60 watts. On la fixe rapidement au bord d'une table, et l'on peut faire varier la longueur de la manivelle, suivant la grandeur de l'effort à exercer. L'armature est entraînée par des poulies à friction, qui rendent le mouvement très doux et complètement silencieux.

Machines à courants alternatifs. — La figure 1106 représente une machine à courants alternatifs Zipernowsky. Comme celle que nous avons décrite plus haut (page 492), cette dynamo est à induit fixe et à inducteur mobile, de façon à éviter le passage du courant à haut potentiel à travers les pièces en mouvement.

Les inducteurs sont disposés radialement. Leurs noyaux, ainsi que ceux des bobines, sont constitués par des tôles minces estampées, isolées par du papier et solidement assemblées. Les bobines induites sont disposées à l'intérieur d'un cylindre, suivant les rayons; elles sont plates; chacune d'elles forme une armature complètement indépendante, dans laquelle il



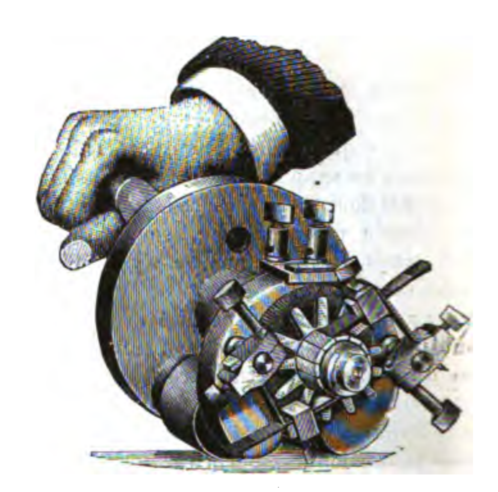


Fig. 1105. — Petite dynamo à manivelle (vue des deux côtés).

ne se produit que des différences de tension très minimes, et qui explique la possibilité de construire facilement des machines allant à 5000 volts et plus, sans avoir besoin de recourir à des matières spécialement préparées, coûteuses et n'ayant généralement qu'une résistance mécanique insuffisante. Chacune des bobines est fixée séparément à la couronne, de sorte qu'elles sont parfaitement isolées entre elles. En résumé, l'isolement des diverses parties de la machine, qui a été l'objet d'une attention spéciale, est assez parfait pour que, malgré les hauts potentiels employés, on puisse toucher impunément toutes les parties.

Dans tous les modèles de ces machines, le nombre des alternances du courant est de 5000 par minute; ce nombre, relativement peu élevé, convient mieux à l'emploi des moteurs à courants alternatifs. Ces machines, surtout le type A, se prêtent parfaitement au couplage en quantité, ce qui est de la plus grande importance au point de vue économique.

Le rendement atteint 92 p. 100, circonstance avantageuse, non seulement pour la dépense, mais aussi pour la durée et la sûreté du fonctionnement, car l'augmentation du rendement diminue l'échauffement. Or, les diverses parties de la machine « A » prennent à peine la chaleur de la main après plusieurs heures de fonctionnement à pleine charge.

Ajoutons enfin que ces machines sont ordinairement excitées par les dynamos Ganz à courant continu, type Δ, décrites plus haut. Elles se construisent pour des puissances variant de 10000 à 360000 watts. A partir de 50000 watts, le rendement atteint 92 p. 100.

Cette dynamo est un des éléments du système de production et de distribution de l'électricité de MM. Zipernowsky, Déri et Blathy, dont MM. Schneider et Cie sont les concessionnaires exclusifs pour la France.

Ce système est basé sur la production de courants alternatifs à haute tension ramenés sur le lieu de consommation au potentiel usuel au moyen de transformateurs.

A partir d'une distance de 1000 mètres entre le lieu de production de l'électricité et celui de sa consommation, ce système offre des avantages économiques très importants par rapport à l'emploi du courant continu.

Parmi les applications qui en ont été faites, nous citerons l'éclairage de la petite ville de Valréas au moyen de l'énergie fournie par une chute d'eau distante de 14 kilomètres. On pro-

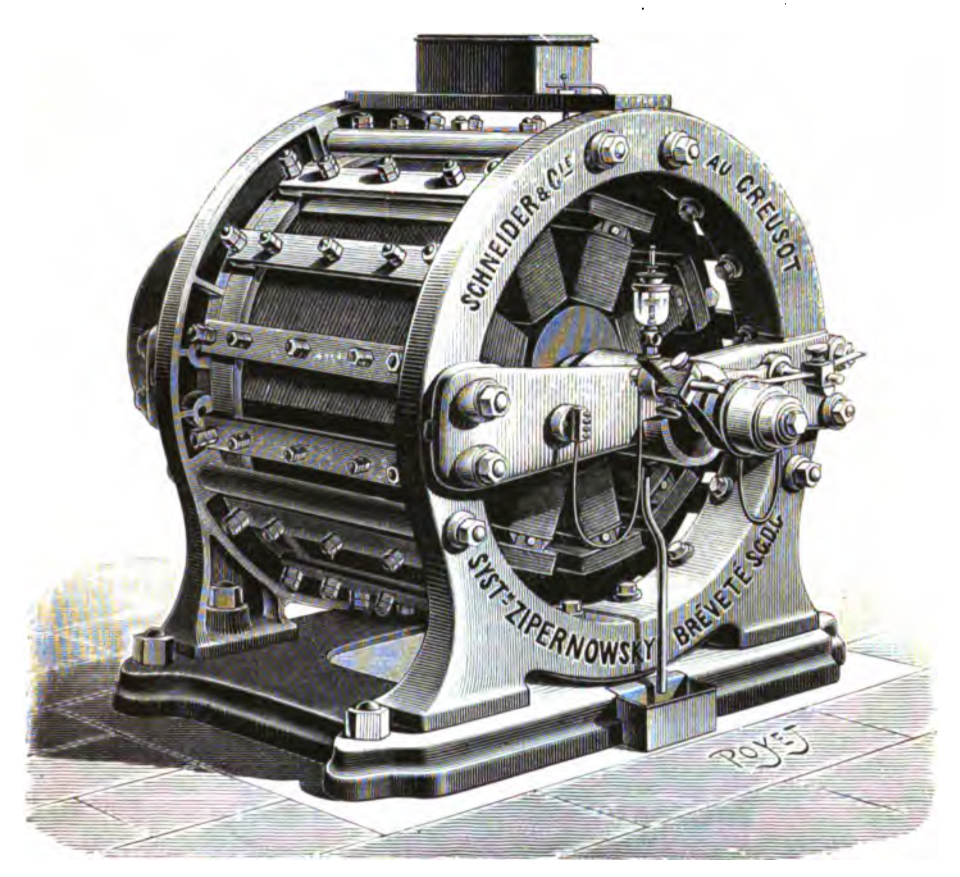


Fig. 1106. — Machine à courants alternatifs Zipernowsky, type A.

cède en ce moment à une installation très importante dans laquelle les dynamos seront à 30 kilomètres des locaux éclairés. Voy. STATION CENTRALE (Supplément) et TRANSMISSION DE L'ÉNERGIE.

MANÈGE ÉLECTRIQUE. — On a vu fonctionner à Nice l'hiver dernier un appareil électrique qui tient le milieu entre les chevaux de bois et le jeu bien connu des petits chevaux, et qui a obtenu un grand succès. Il est composé de chevaux de bois montés sur quatre roues et tournant sur des pistes différentes et concentriques. Ces chevaux possèdent chacun un petit moteur électrique et peuvent prendre des vitesses différentes. Le système entier reçoit le mouvement d'une dynamo Rechniewski à double enroulement, alimentée par un moteur à gaz de douze chevaux. Les chevaux, au nombre de six, possèdent chacun à l'arrière une petite machine Rechniewski servant de moteur; les six moteurs sont montés en dérivation. Un surveillant a sous la main toutes les pièces nécessaires pour régler la marche des chevaux : un commutateur principal, six commutateurs et six rhéostats individuels, enfin un rhéostat d'excitation de la dynamo.

MICROTASIMÈTRE. — Sorte de microphone

employé par Édison pour étudier les petits changements de pression. C'est un disque de charbon entre deux lames de platine, le tout comprimé par une tige rigide que commande une vis micrométrique. L'appareil est placé sur l'une des branches d'un pont de Wheatstone. Les variations de pression ou de résistance sont accusées par le galvanomètre. Le microtasimètre sert aussi de thermoscope.

MOTEUR ÉLECTRIQUE. — Outre les dynamos déjà décrites, qui peuvent servir de moteurs, la société Édison construit des machines spécialement destinées à être employées comme réceptrices, et qui se placent en dérivation sur des circuits généralement à 75 ou à 110 volts. Ces moteurs présentent, suivant leur puissance, deux types qui répondent à des besoins industriels différents, et qui ne sont pas généralement employés dans les mêmes conditions.

Les moteurs de faible puissance (3 à 75 kgm.) conduisent d'ordinaire un seul appareil ou une installation à régime fixe et à travail constant. Ils sont formés d'une armature en anneau à dents, genre Pacinotti modifié (fig. 1107), et excités en série, ce qui évite d'avoir à prendre les précautions nécessitées ordinairement par l'effort brusque du démarrage.

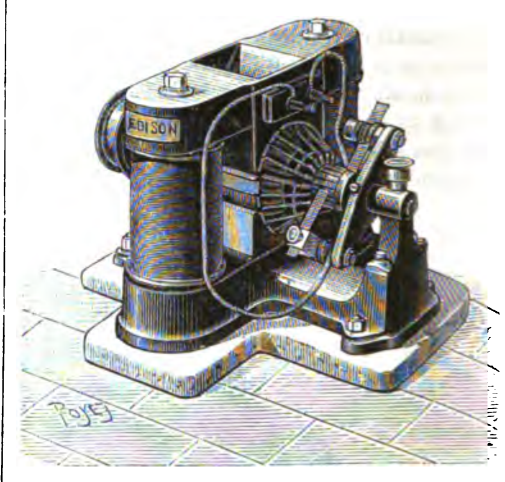


Fig. 1107. — Moteur Edison de 3 à 75 kgm.

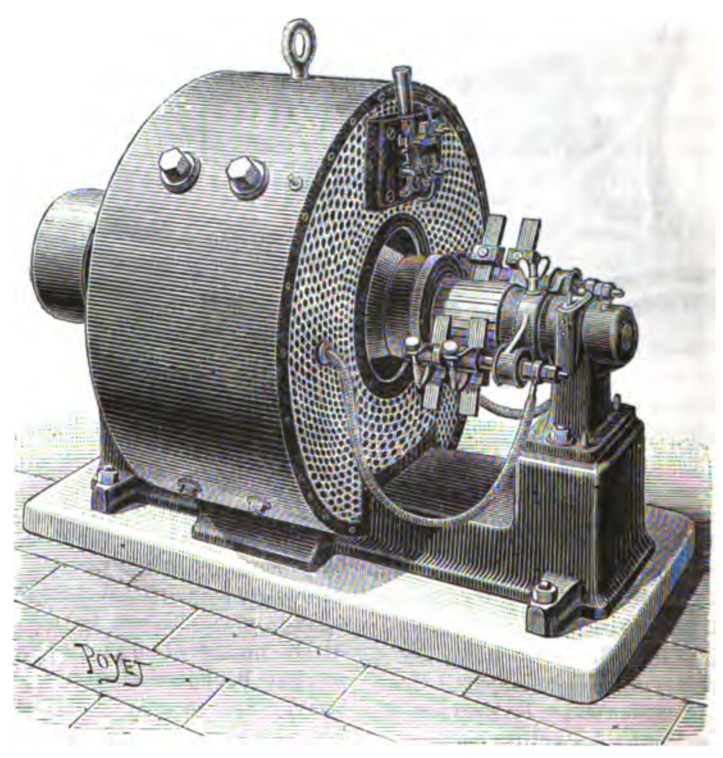


Fig. 1108. — Moteur Edison de 2 à 8 chevaux.

Par exemple, le moteur de 3 kilogrammètres suffit pour conduire une machine à coudre, un ventilateur rotatif pour café, théâtre, etc. Il ne consomme pas plus qu'une lampe de 10 bougies (0,75 ampère) et son encombrement total n'est que de : 75 sur 120 millimètres et 150 milli-

mètres de hauteur ; il peut donc se placer facilement, suivant les besoins, sur la table de la machine à coudre, dans une cheminée d'appel, dans une fenêtre, etc.

La mise en marche est des plus simples et se fait au moyen d'un commutateur ordinaire. Si l'on désire obtenir plusieurs vitesses, faire varier le travail, il suffit d'ajoindre un rhéostat *ad hoc*, qui, peu coûteux pour des machines d'aussi faible puissance, permet de graduer la vitesse depuis l'arrêt jusqu'au maximum.

Ces rhéostats se prêtent à toutes les dispositions : ainsi pour le moteur de 3 kilogrammètres conduisant une machine à coudre, le rhéostat, placé sous la table, est manœuvré par la pédale, qui commande donc les mouvements sans causer de fatigue.

Ces moteurs se construisent également pour une tension de 75 volts aux bornes.

Le deuxième type (fig. 1108) comprend des moteurs plus puissants, qui peuvent conduire plusieurs appareils ou machines-outils, dont le travail ou le nombre est variable (ateliers avec transmission, etc.). On a donc cherché à remplir les conditions d'un travail industriel, c'est-à-dire avoir toujours la même vitesse quelle que soit la charge et un travail consommé proportionnel au travail transmis.

Ainsi donc, que l'on débraye ou embraye des outils, la vitesse sera constante, mais l'intensité du courant, par conséquent la dépense, variera proportionnellement au travail effectué.

Ces moteurs, dont la puissance varie de deux à huit chevaux, ont pour armature un tambour du type ordinaire de la Cie Continentale Edison, mais leur champ est excité par une disposition spéciale qui à pour effet de maintenir constants le calage des balais et la vitesse, quelles que soient les variations de charge (R. V. Picou). — Cette disposition consiste dans l'emploi de deux paires de pièces polaires dont la première paire, bobinée en fil fin, agit comme dans les dynamos ordinaires : la deuxième paire, calée en avant de la première (dans le sens du mouvement de l'armature), est bobinée d'un gros fil intercalé en série sur le courant total, et dont l'effet proportionnel à l'intensité du courant se compose avec celui du fil fin pour maintenir la direction du champ résultant parallèle au diamètre du collecteur sur lequel portent les balais.

La mise en route de ces moteurs n'offre pas plus de difficultés que ci-dessus et se fait au moyen d'un commutateur.

Toutefois, en raison des efforts en jeu, il peut être téméraire de mettre en route la réceptrice avec sa charge et sa vitesse normale constante.

Au moment du démarrage brusque, il y a des chocs dans les transmissions, des glissements considérables de courroie, etc. Il convient d'éviter ces causes de détérioration en munissant le moteur électrique d'un rhéostat dit « de mise en route », qui permet au moteur d'atteindre lentement sa vitesse de régime et d'entraîner progressivement les outils comme une machine à vapeur.

Ces moteurs sont construits très solidement sans partie délicate susceptible d'être faussée, et ne demandent que peu d'entretien.

Moteurs à courants alternatifs. — Ces moteurs doivent être parfaitement synchrones avec la machine qui les alimente, c'est-à-dire faire exactement le même nombre de tours. La difficulté de réaliser cette condition a rendu ces appareils assez rares jusqu'à présent.

MM. Zipernowsky, Déri et Blathy ont imaginé un moteur à courants alternatifs (fig. 1109) qui donne de bons résultats.

La disposition de ce moteur est semblable à celle de la dynamo type A, que nous avons décrite plus haut (fig. 1106).

Dans ces moteurs, le nombre de tours est parfaitement constant, quelle que soit la charge, et ne dépend que des alternances du courant, dont le nombre reste fixe (5000 par minute). La consommation du courant est proportionnelle au débit, sans aucun réglage mécanique, et le rendement atteint toujours 80 p. 100, même avec les petits moteurs. Les inventeurs espèrent arriver à un rendement de 90 p. 100.

Cet appareil n'exige d'autres accessoires que des commutateurs et un rhéostat à la main pour la mise en marche. La manœuvre est extrêmement simple.

Les petits moteurs se disposent, comme des lampes, sur le réseau secondaire alimenté par les transformateurs, tandis que les moteurs plus importants, pouvant recevoir sans danger des courants de haute tension, se placent directement sur la canalisation des dynamos à courants alternatifs. Ces moteurs peuvent donc être utilisés sur toute installation de courants alternatifs déjà existante, sans lui faire subir le moindre changement, d'où il résulte une grande économie.

Des expériences faites à Francfort, par une Commission nommée par la municipalité, expériences renouvelées en France, ont montré que, en faisant brusquement passer l'appareil de la

marche à vide à une charge de 140 p. 100 de la charge normale, l'électromoteur ne subissait aucun ralentissement, non plus qu'aucune accélération lorsqu'on le décharge brusquement.

Lorsque la résistance opposée à l'électromoteur dépasse fortuitement celle qu'il est capable de vaincre, l'appareil s'arrête purement et simplement et n'est exposé à aucun désordre, alors qu'un moteur à courant continu serait mis hors de service.

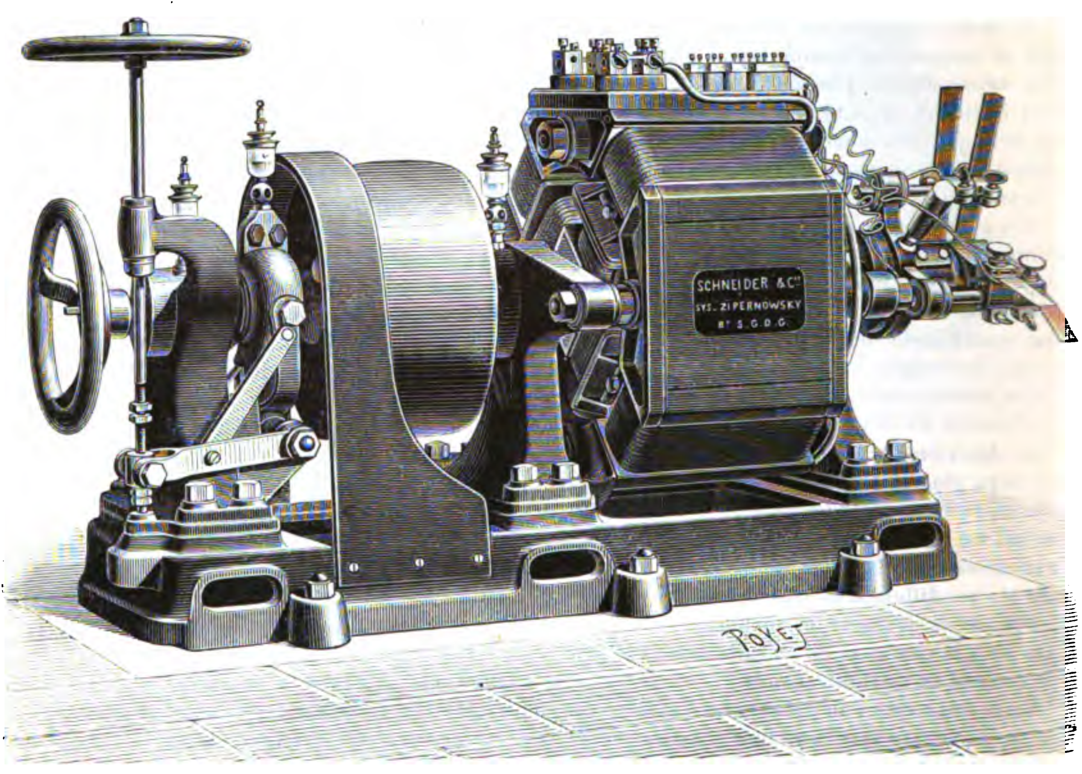


Fig. 1109. — Moteur à courants alternatifs de MM. Zipernowsky, Déri et Blathy.

O

ORYGMATOSCOPE ÉLECTRIQUE. — M. Trouvé a donné ce nom à un appareil destiné à l'inspection des couches de terrain traversées par les sondes exploratrices.

L'orygmatoscope (fig. 1110) se compose d'une forte lampe à incandescence, placée dans un étui cylindrique, dont une moitié forme réflecteur, tandis que l'autre demi-cylindre est en verre épais et laisse passer les rayons lumineux, qui éclairent vivement les parois du puits dans lequel on plonge l'instrument. La base inférieure du cylindre porte un miroir elliptique, incliné à 45°, et la base supérieure est ouverte. L'observateur, armé d'une forte lunette de Galilée, peut donc, en se penchant au haut du puits, apercevoir dans le miroir l'image des terrains éclairés par la lampe, qui est montée de telle sorte que les rayons émis vers le haut sont interceptés.

L'appareil est suspendu à un long câble, contenant deux fils conducteurs, qui s'enroule sur un treuil à tourillons métalliques isolés.

Ces tourillons communiquent, au moyen de deux frotteurs, d'une part avec les conducteurs, de l'autre avec les pôles d'une batterie portative et automatique du même inventeur. On peut

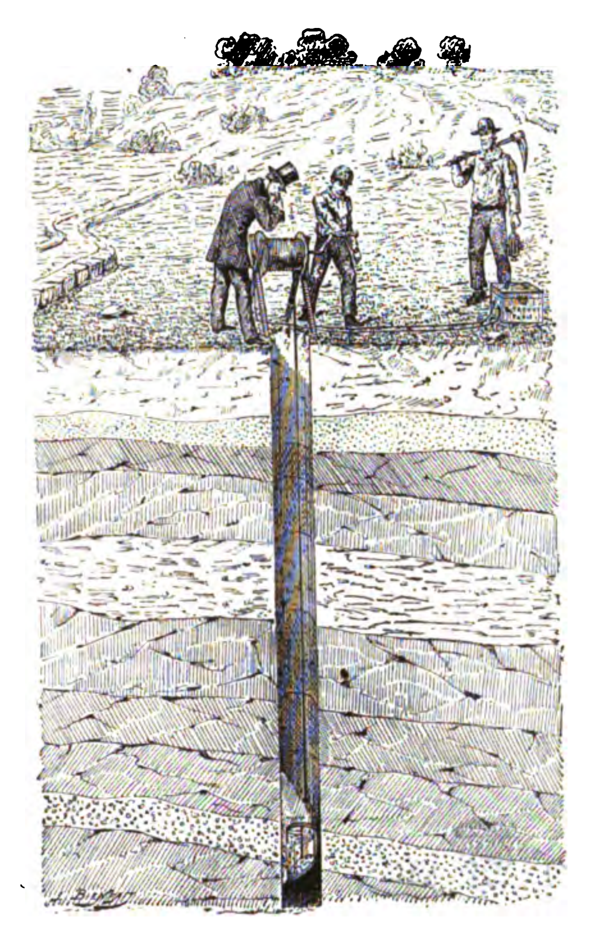


Fig. 1110. — Orygmatoscope électrique.

ainsi descendre ou monter l'instrument sans interrompre l'observation. Jusqu'à 200 ou 300 mètres, on distingue parfaitement les couches de terrain éclairées.

P

PERMUTEUR. — Commutateur employé par la Compagnie de l'Ouest pour la manœuvre des cloches électriques. Cette Compagnie emploie depuis 1886 les cloches mixtes décrites page 141, avec l'inducteur Postel-Vinay (p. 381).

Dans les postes têtes de ligne, où le courant de l'inducteur ne doit être envoyé que dans une seule direction, ou dans les postes de pleine voie intermédiaires, où le courant doit être envoyé sur la ligne à la fois dans les deux directions, il suffit soit de relier l'inducteur à la ligne et à la terre, soit de l'introduire dans le circuit de la ligne. L'inducteur peut alors être placé dans la cloche même (fig. 164). Mais, dans

les postes à deux ou plusieurs directions, qui doivent diriger le courant à volonté sur l'une ou l'autre des lignes aboutissant au poste, l'inducteur est normalement placé hors du circuit; on l'y introduit au moyen d'un commutateur spécial, appelé *permuteur*, qui est, suivant les cas, à deux ou plusieurs directions.

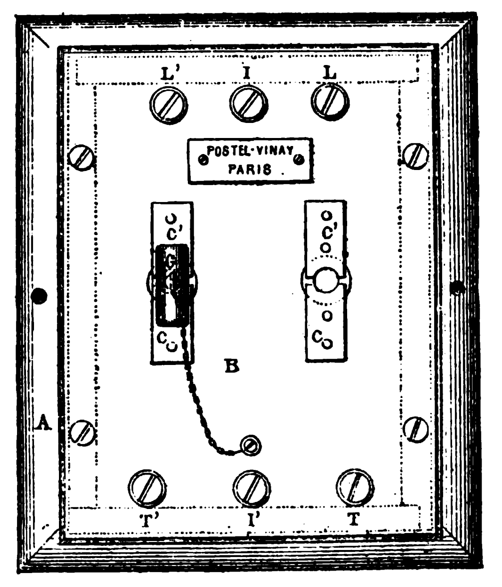
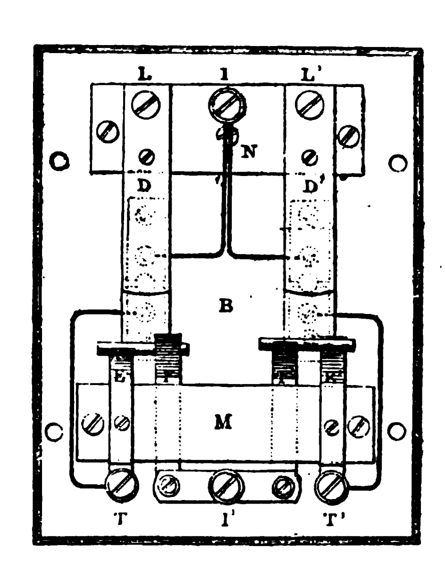


Fig. 1111. — Permuteur à 2 directions (vue extérieure).

Le permuteur à deux directions (fig. 1111) se compose d'une boîte A dont le couvercle B porte à l'extérieur 6 bornes LL', TT', II', reliées respectivement, les deux premières aux deux lignes, les deux suivantes à la terre, et les deux dernières avec l'inducteur. Sur ce couvercle sont fixées, en outre, quatre lames métalliques CC', épaisses et isolées, qui peuvent être réunies deux à deux par une clef en cuivre G, terminée par un bouton isolant. Les lames C sont en communication avec l'un des côtés de l'inducteur par la borne I, les lames C' avec la terre par les bornes TT'.

A l'intérieur (fig. 1112), la planchette B porte deux ressorts flexibles DD', reliés d'une façon permanente avec les lignes par les bornes LL', et qui, dans la position de repos, viennent s'appuyer sur les lames EE', fixées sur un massif isolant M, et reliées aux bornes TT'. Dans cette position, les deux lignes sont donc mises à la terre.

Lorsqu'on enfonce la clef G dans l'un des trous, elle réunit les deux lames CC' placées de ce côté, ce qui fait communiquer le pôle I de



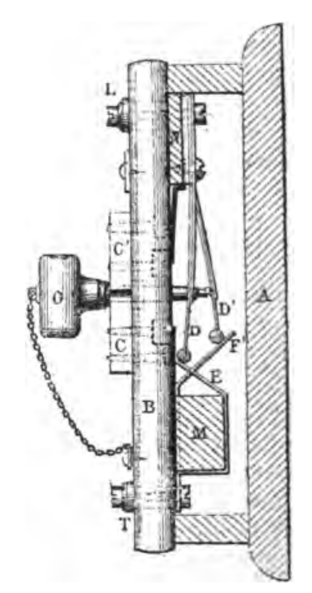


Fig. 1112. — Permuteur à 2 directions (vue intérieure et coupe transversale). (Fig. communiquée par M. Pol Lefèvre.)

l'inducteur avec le sol. En outre, l'extrémité de cette clef pousse l'un des ressorts DD', dont la partie inférieure, abandonnant l'une des lames EE', vient toucher l'une des lames FF', qui communiquent avec la borne I' de l'inducteur. Par suite, la ligne correspondante est isolée de la terre et reliée à la borne I' de l'inducteur, qui se trouve ainsi intercalé dans le circuit.

On voit que ce commutateur est extrêmement simple : une seule manœuvre permet d'établir les communications avec la ligne sur laquelle on veut expédier un signal, sans qu'on soit obligé de supprimer les relations avec les autres côtés. Il en résulte qu'en cas d'oubli dans les indications prescrites pour la manœuvre, la réception des signaux n'est pas entravée. En effet, si l'on a omis de retirer la clef du permuteur, le courant reçu passe par la masse de l'inducteur, pourvu que, suivant les prescriptions indiquées, on ait replacé la manivelle de l'inducteur dans la position normale d'attente, c'est-à-dire à droite.

Le permuteur complète avantageusement l'installation des cloches actionnées par un inducteur. Il n'est d'ailleurs pas besoin d'insister sur les avantages que présentent les inducteurs sur les piles. Avec les piles, chaque cloche exige 7 ou 8 éléments Meidinger, ce qui porte la dépense d'entretien à 50 ou 55 francs par cloche et par an. L'emploi des inducteurs supprime cette dépense et celle qui est causée par les agents préposés à l'entretien des piles et au réglage des cloches. Enfin les piles tiennent beaucoup de place, tandis que les inducteurs peuvent souvent se loger dans les cloches elles-mêmes.

PHONOGRAPHE. — Une curieuse application du phonographe a été faite récemment dans l'enseignement de la médecine. Au Saint-Thomas Hospital, dans le service du Dr F. Semon, on a utilisé cet appareil pour noter l'altération de la voix humaine dans certaines maladies. Ces altérations, qui sont parfois caractéristiques, ont pu être enregistrées très fidèlement par l'appareil, qui les a fait entendre ensuite dans une réunion d'hommes de science. La toux de la coqueluche a été notamment reproduite avec une exactitude parfaite. Il y a là sans doute un précieux moyen de diagnostic et d'enseignement.

PILE. — M. Imchenetsky, officier du génie russe, a inventé en 1889 une pile hydro-électrique intéressante. Les deux pôles sont formés l'un par une lame de zinc, l'autre par une toile métallique sur laquelle on a comprimé un mélange de graphite et de paraffine. L'électrode ainsi obtenue est mince, par suite très légère et peu coûteuse. Le pôle zinc plonge dans une solution d'hyposulfite de soude, le pôle charbon dans une dissolution d'acide chromique.

La pile est formée d'une boîte rectangulaire divisée par des cloisons poreuses en un certain nombre de compartiments, contenant alternativement des électrodes positives ou négatives, qu'on monte ordinairement en quantité.

L'acide chromique sert de dépolarisant. La partie la plus originale consiste dans l'emploi de l'hyposulfite de soude, qui, étant plus oxydable que le zinc, absorbe l'oxygène qui provient de la décomposition de l'acide chromique et l'empêche d'arriver jusqu'au zinc, qui n'est ni attaqué ni consommé.

La force électromotrice est 2,15 volts ; la résistance des éléments de grandeur ordinaire 0,6 à 0,7 ohm. Cette pile est très constante ; sa résistance intérieure diminue quand on la ferme sur elle-même pendant un certain temps. D'après l'auteur, les dépenses observées dans des expériences d'éclairage seraient inférieures à celles des éléments Bunsen de 21 p. 100 avec 10 lampes, de 34 p. 100 avec 40 lampes et de 46 p. 100 avec 50 lampes.

Dans cette pile, l'acide chromique est en partie réduit et forme de l'oxyde de chrome, qui se dissout dans l'excès d'acide. L'hyposulfite de soude est transformé en sulfate avec dépôt de soufre. L'acide chromique, qui est le produit le plus coûteux, peut être régénéré en ajoutant de la chaux : l'oxyde dissous se dépose et le chromate de chaux reste en solution. On précipite la chaux par l'acide sulfurique, et l'on a une solution d'acide chromique.

POLYPHONE. — M. Zigang donne ce nom à sa trompette (Voy. Sonnerie) légèrement modifiée, pour permettre à la lame vibrante de rendre plusieurs sons. En posant une pointe mousse sur la plaque, à une distance variable du centre, on obtient des sons de hauteur différente, et, avec un peu d'habitude, on peut jouer un air dont l'étendue ne dépasse pas une octave.

PONT TRANSBORDEUR. — Syn. de pont roulant. M. A. Dujardin, un de nos plus habiles constructeurs du Nord, emploie, dans son atelier de montage des machines à vapeur, un pont transbordeur fort bien agencé.

Ce pont a 20 mètres de portée d'un rail à l'autre ; sa puissance est de 20 tonnes et son poids d'environ 32 tonnes. Il reçoit le courant d'une dynamo compound de 20 chevaux, qui est actionnée par la transmission de l'atelier et donne 110 volts et 105 ampères, à la vitesse de 830 tours par minute. Cette machine reçoit le mouvement au moyen d'une courroie en coton de 100 millimètres de largeur sur 10 millimètres environ d'épaisseur, qui passe sur une poulie de 360 millimètres de diamètre, qu'elle enveloppe sur un arc de 175° environ. Le cou-

rant est amené au pont par deux fils de cuivre de 7 millimètres, qui aboutissent à deux conducteurs de même métal tendus horizontalement au-dessus de l'un des rails. Le pont est muni de deux balais, qui frottent sur ces deux fils pour prendre le courant, et l'amènent à un clavier qui sert à le distribuer aux trois réceptrices produisant les trois mouvements de l'appareil.

Ce clavier porte six touches, disposées sur deux rangs, à des hauteurs différentes ; il est placé dans une cabine ménagée en dessous et dans l'axe du transbordeur, à l'une de ses extrémités. D'autre part, chaque réceptrice porte deux paires de balais, dont l'une ou l'autre peut à volonté s'appliquer sur le collecteur, sous l'action de solénoïdes placés en dérivation sur le courant de la génératrice et reliés au clavier. Les deux solénoïdes d'une même réceptrice communiquent avec les deux touches correspondantes des deux rangs du clavier. En appuyant sur l'une ou l'autre de ces touches, on applique sur le collecteur l'une ou l'autre des paires de balais et l'on fait tourner la réceptrice dans un sens ou dans l'autre. Le changement de sens s'obtient donc très simplement.

Des trois réceptrices placées sur le pont, l'une produit le mouvement de translation du pont, la deuxième actionne la chaîne de levage, et la dernière commande le déplacement transversal du treuil sur le pont. Ces machines sont reliées au clavier par des fils de cuivre.

Un rhéostat, formé de fils enroulés en spirale et placé à l'avant du clavier, sert à modifier suivant les besoins la résistance du circuit et à graduer la vitesse des dynamos suivant le poids des pièces à manœuvrer. On peut ainsi ralentir la vitesse pour la mise en marche et pour l'arrêt.

Les réceptrices, construites par M. Dujardin, développent respectivement 6 chevaux pour le montage de la charge, 6 pour la translation du pont, et 3 pour le déplacement du chariot qui porte le treuil.

Tous les déplacements sont produits par des vis sans fin tournant avec une grande vitesse et ajustées très soigneusement. Un arbre, qui traverse le pont dans toute sa longueur, accouple les roues placées aux deux extrémités. Les poutres principales sont en forme de I et reliées ensemble aux deux bouts par de larges goussets, qui assurent la rigidité de leurs assemblages.

Les roues sont garnies de bandages d'acier. Outre les deux roues à boudin, il y a de chaque côté une roue sans boudin, qui est pressée par de forts ressorts et supporte une partie de la charge.

Quatre forts taquets sont placés aux quatre angles du pont, au-dessus des rails. Si les axes sur lesquels sont calés les roues venaient à se rompre, le pont se trouverait soutenu par ces taquets.

Enfin la chaîne de levage est du type ordinaire, à maillons et à mouffle. Elle est déplacée par une noix à 7 encoches, dont le diamètre primitif mesure 350 millimètres.

PORTÉLECTRIQUE. — Appareil imaginé par MM. A. E. Dolbear et J. T. Williams pour le transport de la correspondance et des petits paquets. Ces objets sont introduits dans un transporteur, dont le mouvement est produit par l'attraction de solénoïdes dans lesquels le courant passe pendant un temps très court.

Le transporteur a la forme d'un cylindre terminé par des cônes aux deux bouts. Il se meut entre deux rails placés l'un au-dessus de l'autre dans un même plan vertical, et sur lesquels il s'appuie par des galets. Ces deux rails traversent des bobines de 275 millimètres de diamètre, distantes de 1,80 m. Le rail supérieur est divisé en fragments isolés de 1,80 m. de longueur. L'une des bornes de la dynamo est reliée avec le rail inférieur, l'autre avec un fil de plomb parallèle aux rails. Ce fil communique avec chacune des bobines et de là avec le tronçon correspondant du rail supérieur. Le transporteur, qui a 3,60 m. de longueur, est toujours en contact avec deux sections consécutives de la voie. A son passage, il lance le courant dans la bobine placée en avant et il le rompt lorsque son milieu arrive en face de cette bobine.

Cet appareil, exposé l'année dernière à Boston, est actuellement à l'essai dans cette ville sur une ligne de 900 mètres de longueur. Cette ligne est disposée en un cycle fermé, de forme ovale, et l'on a accumulé vers les extrémités toutes les difficultés possibles, par exemple des courbes de très petit rayon et des rampes de 8 et de 11 p. 100. Une petite station centrale, placée au milieu de la ligne et traversée par elle, renferme une dynamo, actionnée par une machine à vapeur de 20 chevaux, et produisant le courant qui fait mouvoir le transporteur. Celui-ci met environ une minute et demie pour parcourir toute la ligne, ce qui donne une vitesse d'environ 10 mètres par seconde.

R

RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE. — Autorisé par la loi du 16 juillet 1889 à racheter les réseaux qui appartenaient à la Société des téléphones, à les mettre en bon état de fonctionnement et à les développer, le gouvernement de la République française a dû se préoccuper de pourvoir sans aucun retard au développement normal de ces réseaux, afin d'être en mesure de donner suite à toute demande nouvelle d'abonnement. La disposition actuelle du réseau de Paris a été jugée défectueuse, et l'on a trouvé utile de réunir la plupart des bureaux centraux actuellement existants en un bureau unique, situé rue Gutenberg, à proximité de l'Hôtel des Postes, et pouvant desservir 18000 abonnés. Nous croyons intéressant de faire connaître, d'après l'exposé des motifs du projet de loi présenté à la Chambre des députés le 7 juin 1890, les raisons qui ont motivé cette transformation.

« Le bureau central projeté rue Gutenberg recevra les fils des cinq bureaux actuels du centre de Paris qui seront supprimés. (Avenue de l'Opéra, rue Lafayette, rue Étienne-Marcel, place de la République, rue d'Anjou ; ces deux derniers partiellement.)

« L'installation de ces cinq bureaux est des plus défectueuses ; l'espace manque, et dans certains, ceux des rues Étienne-Marcel et Lafayette notamment, on a été obligé d'ajouter aux salles du rez-de-chaussée des salles à l'entresol, ce qui constitue, en réalité, deux nouveaux bureaux centraux et complique encore le service. Tous présentent les conditions hygiéniques les plus mauvaises et aucun ne se prête plus à une extension de service, quelque nécessaire qu'elle soit. Dans tous les cas, il est absolument impossible de rester dans ces bureaux.

« D'autre part, la nécessité d'installer les bureaux centraux dans les locaux appartenant à l'administration s'impose ; le matériel d'exploitation devient de plus en plus coûteux, un tableau indicateur multiple pour dix mille abonnés ne coûte pas moins de 800000 francs et demande plusieurs mois pour pouvoir être mis en service. Qu'adviendrait-il si l'on arrivait à la fin du bail pour un bureau central ? on pourrait avoir à subir des exigences que l'impossibilité de déménager forcerait l'administration à accepter.

« Les loyers des cinq bureaux du centre de Paris s'élèvent à 48 250 francs : la construction du poste principal de la rue Gutenberg supprimera cette dépense au moins pour la plus grande partie. On sera toujours obligé de garder dans des différents quartiers des sous-sols où viendront se concentrer les fils d'abonnés pour être conduits au bureau central par des câbles de grand diamètre, mais la dépense sera relativement peu importante. L'économie peut être évaluée à 30000 francs.

« En outre, le développement du réseau téléphonique dans la banlieue de Paris exige, pour que le service puisse se faire dans des conditions normales, que tous les fils qui relieront les réseaux annexes au réseau de Paris aboutissent à un même centre. Aucun bureau actuel ne pourrait matériellement les recevoir ; l'hôtel de la rue Gutenberg est naturellement désigné pour être ce point de concentration.

« Par suite de la suppression des cinq bureaux de quartier du centre de Paris, le bureau de la rue Gutenberg aura tout d'abord un total de 4349 abonnés sur 7900 ; on conçoit quelle simplification du service et quelle promptitude dans l'établissement des communications résulteront, dès le premier jour, de cette réunion de fils d'abonnés pouvant être reliés instantanément sans intermédiaire. Ces avantages seront d'autant plus importants que c'est dans le rayon du nouveau bureau principal, correspondant à peu près à l'ancien Paris, que la correspondance téléphonique est surtout active et que le réseau est appelé à prendre la plus grande extension. Ce sera rue Gutenberg qu'aboutiront la grande majorité des fils sur esquels le service sera le plus prompt et le plus simple.

« L'installation de ce bureau doit être prévue dans des conditions telles qu'elle puisse faire face au grand développement que l'avenir réserve au service téléphonique. Ce bureau principal installé pour toute la région centrale de Paris, trois grands bureaux seraient encore

établis dans les quartiers éloignés du centre et permettraient de supprimer les sept derniers bureaux de quartiers qui existent aujourd'hui.

« Pour donner satisfaction dans le plus bref délai possible aux demandes légitimes du public, l'administration se propose d'entreprendre sans délai les travaux d'installation du bureau principal de la rue Gutenberg. La construction coûtera environ 800000 francs, conformément à l'avant-projet dressé par l'architecte de l'administration. L'administration demande pour 1890 un crédit de 400000 francs; elle ne pense pas qu'il soit possible cette année d'engager une dépense plus considérable, mais elle estime qu'il est indispensable de commencer les travaux immédiatement pour arriver le plus tôt possible à la réorganisation du service.

« Pour amener à ce nouveau bureau les câbles téléphoniques en nombre suffisant, il sera nécessaire de construire aux alentours de la rue Gutenberg des passages souterrains nouveaux et d'agrandir ou approprier les égouts de la Ville de Paris, qui seront insuffisants dans une partie de leur parcours. La dépense à faire pour cet objet est estimée à 2500000 francs.

« La Ville de Paris doit cette année reconstruire l'égout de la rue Montmartre. Après entente avec ses ingénieurs, il a paru possible de conduire les travaux de telle sorte qu'on puisse à la fois donner satisfaction aux besoins du service téléphonique et de la voirie.

« Ces travaux doivent être faits avant la fin de l'année 1890. Il serait nécessaire d'affecter une somme de 300000 francs, comme part des dépenses à porter au compte des téléphones.

« La dépense totale engagée pour la réinstallation du réseau de Paris, en 1890, serait de 700000 francs.

« Pour l'exécution de l'ensemble du projet qui a été étudié, la dépense sera payée, autant que possible, au moyen des ressources ordinaires du budget annexe du service téléphonique. »

En même temps, le gouvernement s'est préoccupé d'améliorer les réseaux de province et d'assurer aussi leur développement.

« Parallèlement au développement du réseau de Paris, il y a à prévoir l'extension des réseaux rachetés dans les départements.

« Deux de ces réseaux sont souterrains, ceux de Lyon et de Bordeaux. L'établissement des lignes des nouveaux abonnés y entraîne également une dépense qui peut être évaluée d'après les mêmes bases que pour Paris, sauf pour le prix de la main-d'œuvre, lequel est un peu moins élevé.

« En admettant pour 1890 une prévision d'augmentation de 10 p. 100 dans le nombre des abonnés de ces réseaux, qui était de 1186 en 1889, l'augmentation à prévoir est de 120 abonnés environ. A raison d'une dépense moyenne réduite à 1100 francs par abonné, la dépense engagée sera de 132000 francs.

« D'un autre côté, depuis la reprise des réseaux de la Société des Téléphones, l'Administration des Postes et des Télégraphes a pu constater que la plupart de ces réseaux dans les départements avaient été laissés dans un abandon à peu près complet.

« Pour quelques-uns d'entre eux, ceux notamment de Lyon, Bordeaux et Marseille, qui sont les plus importants, l'installation matérielle des lignes et des postes est à remanier entièrement, si l'on veut se mettre en mesure d'assurer à ce service téléphonique un fonctionnement répondant aux exigences actuelles du public. Cette mise en état de bon fontionnement des réseaux des départements entraînera une dépense qui, pour les réfections les plus urgentes, s'élèvera, d'après les avant-projets établis par le service de la construction, à 198000 francs.

« Ces travaux doivent être commencés immédiatement si l'on veut en tirer un parti réellement utile. »

Enfin l'Administraiion des Postes et des Télégraphe s'est occupée également des difficultés que présente la fourniture de certaines parties du matériel spécial qu'elle emploie pour le service téléphonique. Ce matériel comprend notamment des câbles à enveloppe particulière, dont la fabrication est difficile et exige un délai de plusieurs mois. L'administration a donc prévu la nécessité d'avoir en magasin une réserve d'au moins 45 kilomètres de câble à double fil et 30 kilomètres de câble à 14 fils, qui sont les plus employés.

Tout récemment (janvier 1891), le ministre du commerce vient d'autoriser la création, à Charenton (Seine), d'un réseau annexe au réseau téléphonique de Paris. Le montant annuel de l'abonnement principal au réseau local est fixé à 150 francs.

Le ministre a également approuvé une convention intervenue entre l'État et la ville de Corbeil (Seine-et-Oise) pour l'établissement d'une communication téléphonique interurbaine entre cette localité et Paris.

La création d'un réseau téléphonique urbain à Angers vient d'être décidée. Le montant annuel de l'abonnement principal à ce réseau est fixé à 200 francs.

Le ministre a enfin approuvé une convention ayant pour objet la création d'un réseau téléphonique à Mâcon.

Plus récemment encore (février 1891), le ministre du commerce a décidé la création d'un réseau annexe au réseau téléphonique de Paris à Neuilly-sur-Seine et à Issy (Seine). Le réseau d'Issy comprendra en outre la commune de Vanves.

Le montant de l'abonnement principal est fixé à 200 francs pour Neuilly et à 150 francs pour Issy-Vanves.

L'étendue du réseau de Charenton, primitivement limitée au périmètre de cette commune, comprendra les communes de Saint-Maurice, d'Alfortville et de Maisons-Alfort, et le montant de l'abonnement principal à ce réseau sera de 200 francs.

Le ministre du commerce a, en outre, approuvé l'établissement d'une communication téléphonique entre Troyes et Paris, et la création d'un réseau téléphonique à Roanne (Loire). Le montant annuel de l'abonnement principal pour ce dernier réseau est fixé à 200 francs.

Liste des réseaux téléphoniques français au 1er juin 1890.

Alger.	Limoges.
Amiens.	Lyon.
Armentières.	Marseille.
Bordeaux.	Nancy.
Boulogne-sur-Mer.	Nantes.
Caen.	Nice.
Calais.	Oran.
Cannes.	Paris.
Dunkerque.	Reims.
Elbeuf.	Roubaix-Tourcoing.
Fourmies.	Rouen.
Grenoble.	Saint-Étienne.
Halluin.	Saint-Quentin.
Le Havre.	Troyes.
Lille.	

Réseau téléphonique militaire. — La place d'Anvers vient d'être munie d'un réseau téléphonique militaire très bien disposé. Ce réseau a été organisé pour la première fois en 1881 ; il était exploité par le département de la guerre, chargé en outre de l'entretien des lignes ; mais l'entretien des appareils avait été confié à la Compagnie belge du téléphone Bell.

Ce réseau a été réorganisé tout récemment par le lieutenant André. Les appareils primitifs, qui ne répondaient pas aux exigences d'un service militaire, ont été remplacés par des microphones Dejongh (Voy. page 528) et par des téléphones Goffart. Le poste central, placé à la caserne de la Compagnie des télégraphistes et artificiers du génie, à Borgerhout, est en communication avec tous les bâtiments militaires et les casernes situés à l'extérieur de l'enceinte, avec tous les forts du camp retranché, disséminés sur une très grande superficie de terrain, et les dépôts militaires, dont quelques-uns sont très éloignés de la ville.

Les communications sont établies au moyen d'une table centrale de soixante numéros, placée au poste central, et de soixante postes téléphoniques. La table centrale, construite sur les indications du lieutenant André, devait être contenue dans un meuble élégant et satisfaire aux conditions suivantes :

1° Le bureau central doit pouvoir desservir un réseau à simple fil ou à double fil sans aucune modification;

2° Il doit être complètement à l'abri des effets de la foudre ;

3° Il doit être disposé de façon à renforcer la puissance de la voix, en éliminant automatiquement du circuit des postes en communication tous les avertisseurs d'appel et les remplaçant par un avertisseur spécial, construit de manière à atténuer les effets de l'induction ;

4° Il doit être pourvu de magnétos à pédale et de téléphones serre-tête, afin que l'employé du bureau central ait toujours les mains libres, d'une sonnerie d'alarme pour les appels de nuit, fonctionnant automatiquement dès qu'un avertisseur vient à tomber ;

On doit en outre : 5° Provoquer aux deux postes correspondants des sonneries spéciales automatiques au moment de l'ouverture et de la rupture des communications ;

6° Réduire au minimum les opérations nécessaires pour la mise en communication ;

7° Rendre automatique la mise en place des fiches de communicatien.

8° Pouvoir employer indifféremment les appels magnétiques ou par piles.

9° Garantir d'une façon absolue le secret des communications, de sorte qu'il devienne impossible de greffer un récepteur sur le circuit des deux postes en correspondance.

Tous ces desiderata ont été réalisés. Les bornes des fils de lignes, placées à la partie supérieure de la table, sont toutes munies de parafoudres Van Rysselberghe (Voy. page 561). Chaque ligne possède un avertisseur d'appel. Les communications sont établies au moyen de jack-

knives combinés d'une façon spéciale, et dont les fiches sont reliées deux à deux par des cordons souples munis de poulies et de contrepoids, produisant leur mise en place automatiquement après la rupture des communications.

Lorsque deux postes sont mis en rapport, leurs avertisseurs sont éliminés automatiquement et remplacés par un avertisseur unique servant en même temps à prévenir que la conversation est terminée, et qui est construit d'une façon spéciale pour diminuer les effets de l'induction et par suite renforcer la voix des interlocuteurs.

Une disposition toute nouvelle permet d'avertir les deux postes automatiquement du moment précis de l'établissement et de la rupture des communications : cet avertissement est produit par un coup de sonnette spécial.

La table centrale possède en outre deux postes récepteurs composés d'un microphone Dejongh, un téléphone simple Goffart, un téléphone serre-tête, un bouton d'appel pour sonnerie par pile, une sonnerie magnéto à pédale. Le bureau central peut appeler à volonté avec l'une quelconque des deux sonneries, ce qui offre une garantie en cas de dérangement d'un des deux appareils. Trente éléments Leclanché desservent les deux sonneries.

En déplaçant une manette, l'employé du bureau central peut actionner une forte sonnerie d'alarme, mue par la chute du clapet d'un avertisseur de fin de communication.

Les jack-knives et les fiches sont disposés de manière à isoler le bureau central des deux postes en communication, ce qui assure le secret des conversations.

Les postes microtéléphoniques employés sont très solides, indéréglables, et construits de façon à préserver tous les appareils délicats, tels que sonneries, téléphones, microphones, de la curiosité et de la malveillance. Ils ont comme transmetteur un microphone Dejongh, protégé par un treillage en fil de fer. La sonnerie magnéto-call est également enfermée dans une cage en fil de fer. Les téléphones-montres sont à boîte de nickel et à pavillon d'ébonite. Ils sont très résistants et ne peuvent être démontés que par des outils spéciaux, que possède seul le vérificateur. Une cage grillée, placée à la partie supérieure, renferme un paratonnerre Van Rysselberghe, une sonnerie trembleuse qui sert de signal pour le commencement et la fin des conversations, un commutateur et les bornes d'attache des lignes.

Le microphone est actionné par un élément Leclanché grand modèle, à zinc circulaire, placé dans une boîte formant pupitre à la partie supérieure. Les portes sont pourvues de serrures solides et incrochetables.

Tous les appareils fonctionnent, depuis le 1er août 1890, d'une façon très satisfaisante. (Voy. *Bulletin de la Société belge d'électriciens*.)

RETAILLAGE ÉLECTRIQUE. — Le retaillage des limes et des fraises, très difficile par les procédés mécaniques à cause de leur dureté, se fait très facilement par l'électricité.

On fait un bain avec de l'eau distillée, additionnée d'acide azotique à 40° et d'acide sulfurique à 66° en proportions égales, et l'on fait passer dans ce bain le courant d'une pile de Bunsen, en prenant pour électrode positive une baguette de charbon et pour électrode négative l'outil à retailler. Chaque pointe usée se recouvre d'une bulle d'hydrogène, qui la protège contre l'attaque du bain fortement acide. L'opération dure de dix à vingt minutes. De temps en temps, on retire l'outil du bain, on le lave à grande eau et on le passe à la brosse pour enlever les parties attaquées, puis on le replace dans le bain, si l'opération n'est pas terminée. L'amincissement produit par ce retaillage est très faible, de sorte qu'on peut le recommencer un plus grand nombre de fois qu'avec les procédés ordinaires. On peut traiter une centaine d'outils par jour avec une dépense d'environ dix francs.

RHÉOSTAT MÉDICAL. — Le Dr Gaertner a présenté récemment à la Société de médecine de Vienne un rhéostat destiné aux usages médicaux et qui donne une très grande résistance sous un petit volume.

Ce rhéostat est formé de disques en porcelaine poreuse, ayant 5 millimètres de diamètre et 1 millimètre d'épaisseur, et dont les pores sont imprégnés de charbon végétal formant comme une éponge fine. On peut faire varier la résistance des disques en graduant la quantité de charbon introduit. L'opération est faite au rouge blanc, de sorte que l'échauffement produit ensuite par des courants, même très intenses, n'a aucun inconvénient.

Les disques ainsi préparés sont empilés les uns sur les autres et séparés par des disques de laiton ; le tout est placé dans un tube cylindrique fendu et fortement serré par une vis, puis l'on coule de l'asphalte dans le tube pour maintenir le rhéostat et le protéger. La colonne comprend cinquante disques.

La fente du tube laisse passer une série de becs appartenant aux disques de laiton. Une

borne est fixée à l'une des extrémités de la colonne; l'autre est reliée à un curseur qui glisse sur les becs de laiton, et permet de faire varier le nombre des disques de charbon intercalés dans le circuit. Une échelle placée le long de la fente indique la résistance. La résistance des disques peut être la même ou varier d'un bout à l'autre de la colonne. La résistance totale peut dépasser 200 000 ohms.

S

SONNERIE ÉLECTRIQUE. — Lorsque les appels de sonnerie se produisent fréquemment, le bruit de la trembleuse devient fatigant à entendre; un seul coup frappé sur le timbre suffirait dans la plupart des cas, et l'on pourrait, en frappant deux, trois... coups séparés, obtenir des signaux de convention.

Nous avons indiqué plus haut le moyen de transformer une sonnerie ordinaire pour arriver à ce résultat.

M. G. Bénard vient d'imaginer un modèle fort simple, spécialement destiné à ne donner qu'un seul coup, et disposé de façon que le marteau frappe énergiquement le timbre. On

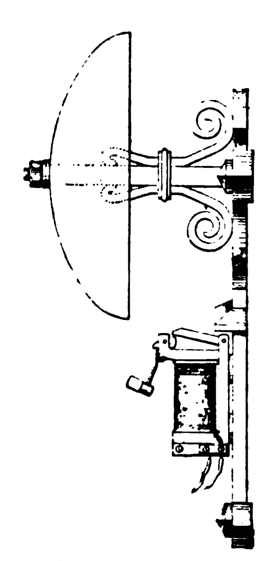


Fig. 1113. — Mécanisme de la sonnerie électrique à un coup.



Fig. 1114. — Sonneries électriques à un coup.

conçoit en effet que, si le signal se compose d'un coup unique, il faut que ce coup soit assez fort pour appeler l'attention de la personne à laquelle il s'adresse, et que ce résultat doit être obtenu sans employer un nombre de piles exagéré.

Dans ce but, il fallait donner au marteau et à l'armature qui l'actionne une force vive suffisante. Le marteau est indépendant de l'armature et fixé à l'extrémité de la plus longue branche d'un levier coudé, dont l'autre branche est commandée par l'armature (fig. 1113) : le déplacement est amplifié par cette disposition. L'électro-aimant est vertical et l'armature est située au-dessus de lui; elle est articulée à l'extrémité d'un montant vertical, qui la réunit avec la culasse et par suite avec le noyau de l'électro-aimant. Le tout est en fer doux, et forme, au moment du passage du courant, un aimant complexe dont les pôles sont, l'un dans l'armature, l'autre à l'extrémité supérieure de la bobine. L'armature est donc attirée très énergiquement : en s'abaissant, elle appuie sur la petite branche du levier coudé et soulève le

marteau, qui vient frapper le timbre placé au-dessus de la boîte. Quand on interrompt le courant, le marteau retombe par son poids ; la petite branche du levier coudé soulève l'armature et la ramène à sa position de repos. Il n'y a donc pas besoin de ressort antagoniste ; par suite l'appareil est indéréglable, et l'on évite l'inconvénient résultant de la résistance croissante opposée par le ressort à l'attraction de l'armature.

La figure 1114 montre deux modèles de cette sonnerie. Le premier, destiné aux appartements, est monté sur bois et porte un timbre en acier de 15 centimètres. Le second est plus grand et sert pour les hôtels, usines, châteaux, maisons de campagne, etc. Le mécanisme est monté sur métal et muni d'un abri en fonte. Le timbre, en acier bleui ou nickelé ou en bronze, a d'ordinaire un diamètre de 25 à 30 centimètres ; 5 ou 6 éléments au bioxyde de manganèse suffisent pour actionner un modèle du même genre, muni d'un timbre de 50 centimètres, qui s'entend à une très grande distance.

Le premier modèle de la figure précédente convient très bien pour la répétition électrique des heures à distance.

Bouton d'appel lumineux. — Le même constructeur a modifié le bouton d'appel ordinaire de manière à rendre lumineuse une inscription placée sur sa surface, au moment où l'on va sonner. Lorsqu'on est dans l'obscurité ou lorsque les boutons d'appel sont placés dans un endroit sombre, cette disposition permet d'éviter les erreurs. Du reste, un commutateur placé sur le circuit permet de l'utiliser seulement lorsque c'est nécessaire, pour ne pas user la lampe et les piles inutilement.

L'inscription est tracée sur papier transparent et placée derrière deux ouvertures pratiquées dans le couvercle du bouton. A l'intérieur sont placées trois paillettes, au lieu de deux que renferment les appareils ordinaires. En appuyant sur le bouton, on presse d'abord la première paillette sur la seconde, ce qui ferme le circuit d'une petite lampe à incandescence placée dans l'intérieur et qui éclaire l'inscription. Si l'on continue à appuyer, la seconde paillette rencontre la troisième et ferme le circuit de la sonnerie.

La lampe peut être alimentée par les mêmes piles que la sonnerie, si l'on emploie des éléments à grande surface.

SONNETTE ÉLECTRIQUE. — Nous ne voulons pas parler ici des sonnettes d'appartement décrites au mot SONNERIE, mais d'une application de l'électricité à l'appareil bien connu qui sert à enfoncer les pieux dans le sol.

On sait que l'appareil ordinairement employé à cet usage se compose essentiellement d'un treuil à bras et d'un mouton en fonte pesant 500 à 600 kilogrammes. Quatre hommes élèvent péniblement la masse de métal, qui, arrivée au sommet de sa course, se détache automatiquement de la corde du treuil et vient tomber sur la tête du pieu, avec un bruit qui fait trembler tous les alentours, d'où le nom de sonnette.

MM. Darblay, fabricants de papiers à Essonne, dont l'usine repose sur un emplacement dans lequel on ne trouve un terrain solide qu'à 10 ou 12 mètres de profondeur, ayant eu souvent besoin de pilotis, ont songé à substituer l'électricité au travail musculaire pour la manœuvre du treuil, afin de rendre la besogne moins pénible et moins coûteuse. Ils emploient pour cela une des dynamos qui servent le soir à l'éclairage et qui sont ordinairement sans emploi pendant le jour. Un fil de quelques millimètres de diamètre conduit le courant à la dynamo réceptrice, qui est appliquée au pignon de commande du treuil.

Grâce à l'emploi de l'électricité, l'ouvrage se fait beaucoup plus vite, avec moins de dépense et moins de fatigue pour les hommes.

STATION CENTRALE. — Nous ajouterons aux descriptions données plus haut quelques détails sur des stations récemment établies ou actuellement en voie d'installation.

Station de Deptford. — La *London Electric Supply Corporation* installe actuellement à Deptford une usine extrêmement importante, qui doit faire usage de courants d'une force électromotrice considérable. Deux dynamos de 1500 chevaux sont déjà installées : une seule est en service et fonctionne depuis novembre 1889. A ces deux machines doivent s'en ajouter deux autres, de 10000 chevaux, qui sont actuellement en construction à la station même. Ces deux dynamos nécessiteront une installation gigantesque, notamment un arbre de couche pesant 27 tonnes et un volant de 12,60 mètres.

Cette usine concourt actuellement avec celle de Grosvenor-Gallery à l'éclairage du West-End de Londres, dont elle sera seule chargée après son achèvement ; la station de Grosvenor-Gallery devant être abandonnée à l'automne prochain, les deux dynamos de 2400 volts qui s'y trouvent seront alors ramenées à Deptford et utilisées comme réserve.

L'éclairage du West-End comprend 38 000 lampes, dont 33000 étaient primitivement alimentées par l'usine de Grosvenor-Gallery, et dont le service se partage maintenant entre cette usine et celle de Deptford. De cinq heures du matin jusque vers la tombée de la nuit, la station de Grosvenor est seule employée à desservir ce réseau; à partir de ce moment jusqu'à minuit, les deux usines marchent simultanément; enfin, de minuit à cinq heures du matin, la station de Deptford fonctionne seule; elle prolonge même souvent son service jusqu'à une ou deux heures de l'après-midi, l'autre servant seulement de secours.

Le point intéressant de cette installation, c'est l'emploi qui doit être fait, lorsqu'elle sera terminée, de différences de potentiel de 10000 volts. La difficulté consistait dans ce cas à trouver des câbles capables de transporter sans accident un courant de haute tension. Ces câbles, que nous décrirons plus loin, seront construits sous la direction de M. Ferranti.

En attendant l'achèvement de la station, on emploie entre Deptford et Charing-Cross des câbles provisoires, provenant d'une fabrication spéciale, et qu'on supposait capables de transmettre temporairement le courant de 10000 volts. Des essais préliminaires ont montré que cette condition n'était pas remplie; on a dû par suite réduire de moitié la différence de potentiel, et l'on s'est arrêté actuellement à un système ingénieux, grâce auquel la tension totale du courant transmis par les câbles est de 5000 volts, quoique la différence de potentiel entre le câble et la terre soit maintenue à 2400 volts.

Les câbles Ferranti, qui doivent faire partie de l'installation définitive, sont construits dans une usine spéciale établie à Deptford et qui fabrique environ deux milles (3,2 kilom.) de câble par semaine. Ils sont constitués par un petit tube en cuivre fort entouré d'une couche isolante et introduit dans un second tube de cuivre mince, recouvert d'une seconde enveloppe isolante. Le tout est protégé par une gaine d'acier.

Ces câbles sont fabriqués par longueurs de six mètres. Le tube central de cuivre, qui a 1,56 cm^2 de section, est coupé à la scie circulaire sur cette longueur. Chaque fragment de tube est ensuite porté sur la machine à couvrir, où il reçoit un mouvement de rotation assez lent, qui permet de le recouvrir successivement de six ou sept feuilles d'un papier isolant spécial.

Ce papier est préparé par une autre machine. Il passe d'abord sur des plaques de fonte fortement chauffées, où il perd toute trace d'humidité, puis il est plongé dans un bain de cire fondue où il s'imprègne de cette substance. Il est ensuite séché et coupé, puis appliqué sur le tube de cuivre.

Le tout est introduit ensuite dans le second tube de cuivre, qui a même section que le premier, mais qui est plus mince, son diamètre étant plus grand, et passé ensuite à la filière pour obtenir l'adhérence nécessaire. On recouvre ensuite d'une seconde couche de papier ciré, avec les mêmes précautions, et l'on insère le câble dans la gaine d'acier, qui est percée d'un petit trou par lequel on refoule de la cire chaude ou du bitume, qui chasse l'air et produit sur toute la longueur un excellent contact entre le second enduit isolant et l'étui d'acier.

Les fragments de câbles de 6 mètres doivent être ensuite réunis en un conducteur continu par des joints d'une solidité parfaite. Les extrémités de ces fragments sont disposées de manière à faciliter le raccord. L'une de ces extrémités a la forme d'un cône saillant de 15 centimètres de longueur, obtenu sur un tour spécial; l'autre présente un cône creux ayant exactement les mêmes dimensions que le premier.

Le premier bout porte en outre une tige de cuivre bien dressée, de 45 centimètres de longueur, enfoncée à frottement dur dans le tube central, qui est lui-même alésé avec soin, pour établir un bon contact. Cette tige dépasse l'extrémité du cône. Enfin la même extrémité porte un manchon de cuivre mince, appliqué sur la seconde couche isolante, qui est mise à nu sur une certaine longueur. Ce manchon est fixé sur l'enduit isolant par une sorte d'estampage qui produit trois rainures circulaires, de manière à assurer un bon contact.

Pour faire un joint, on introduit le bout pointu d'un fragment de câble dans le bout creux de la dernière longueur posée, après avoir engagé sur celle-ci un couvre-joint que nous décrivons plus loin.

La tige de cuivre du premier pénètre dans le tube central du second, et les deux cônes, parfaitement dressés et alésés, s'appliquent exactement l'un sur l'autre. On exerce une forte pression à la presse hydraulique, puis on chauffe, afin de faire adhérer complètement les surfaces en contact. En même temps, le manchon de cuivre fixé au bout pointu du fragment qu'on veut poser vient recouvrir la seconde couche isolante du bout déjà posé : on

l'y fait adhérer par un estampage analogue au premier.

On ramène ensuite sur le joint le couvre-joint dont nous avons parlé, qui se compose d'un cylindre en papier ciré et d'un tube en acier; on refoule dans le joint de la cire chaude ou du bitume, et l'on fixe les deux extrémités du couvre-joint par estampage.

Chaque bout de câble est essayé sous une tension de 18500 volts. Les essais sont très satisfaisants; en outre le câble peut être tordu et plié sans inconvénient. La station de Deptford semble donc devoir atteindre le but spécial pour lequel elle a été créée.

Le câble est déjà installé entre la station du chemin de fer de Deptford et le pont de Londres : il est placé sur le parement du mur de soutènement, de façon à se trouver hors de la portée du public, tout en restant d'un accès facile pour les ouvriers. Entre la station du chemin de fer et l'usine, la pose du câble, actuellement en cours, se fait en tranchée. La Compagnie pense faire de même entre le pont de Londres et Charing-Cross, mais la question n'est pas encore résolue, l'administration des postes craignant l'influence de ces câbles sur les conducteurs télégraphiques.

Station centrale de Nancy. — Cette station, exploitée par la Compagnie nancéenne d'électricité, fonctionne seulement le soir, depuis environ une heure avant le coucher du soleil jusqu'à deux heures du matin.

Elle comprend trois groupes de chaudières inexplosibles (2 Belleville, 2 Ménier, 1 Babcox et Wilcox), alimentant trois machines Armington et une machine Corliss. Les trois premières actionnent une transmission établie dans toute la longueur de l'usine et commandant toutes les dynamos, sauf une des dynamos Ferranti, qui est mue par la machine Corliss.

Les machines électriques alimentent deux réseaux distincts, l'un à haute tension (2400 volts), l'autre à faible tension (100 volts). Le premier est desservi par deux dynamos Ferranti, à courants alternatifs, de 150 chevaux. Le second est alimenté en partie par un courant continu fourni par deux machines Edison, en partie par des courants alternatifs à faible tension, dus à une machine Ferranti. Le courant de cette dernière passe dans un transformateur situé à l'usine même, et le fil secondaire sort seul de la station. Cette disposition n'est que provisoire; elle est destinée à utiliser une partie du réseau à courant continu, que les dynamos Edison n'arrivaient plus à desservir complètement.

La canalisation pour les courants alternatifs est constituée par deux réseaux de câbles concentriques, dans lesquels l'âme conductrice est isolée au caoutchouc, puis recouverte d'une gaine de plomb, protégée à son tour par une enveloppe isolante et une armature de fer. L'isolement est assez bon pour permettre de placer ces câbles dans la terre, sans caniveaux. Un regard avec pièce de raccord a été ménagé à un point où les deux circuits primaires se croisent, ce qui permet, en cas d'accident, de trouver facilement la partie endommagée, de l'isoler, et d'alimenter le reste du réseau après raccordement. Le théâtre est desservi par les deux réseaux : un accident arrivé à l'un d'eux ne produirait donc qu'une extinction partielle, à laquelle on remédierait rapidement.

Les transformateurs sont placés chez les abonnés et enfermés de telle sorte que les conducteurs secondaires pénètrent seuls dans les locaux à éclairer. La consommation est mesurée par les compteurs Borel, décrits plus haut.

La canalisation pour le courant continu est faite à trois fils, à l'aide de feeders. Elle est constituée par des câbles isolés, disposés sous la chaussée des rues, dans un triple caniveau en ciment. Après la pose, on coule dans ces caniveaux un mélange de paraffine, de goudron et de résine, qui les remplit complètement et assure une isolation parfaite. Des regards, placés de distance en distance, servent à établir les prises de courant. Les feeders forment deux lignes principales, dont chacune est desservie par un groupe de machines. Les points de consommation les plus éloignés sont à environ 800 mètres de la station. La perte en volts à pleine charge est de 8 à 10 p. 100. L'éclairage se paye presque toujours à forfait.

Station centrale de Rome. — Cette station est une des plus considérables qui existent. Elle a été fondée par la *Società Anglo-Romana per l'Illuminazione di Roma col Gas ed altri Sistemi* et mise en exploitation à l'automne de 1886. Elle est munie de machines du système Zipernowsky, Déri et Blathy.

Cette station comprenait d'abord deux machines à courants alternatifs de 80000 watts (2000 volts × 40 ampères), accouplées directement avec des machines à vapeur spéciales de 125 chevaux. L'usine fut bientôt agrandie et reçut successivement quatre machines de 320000 watts (2000 volts et 160 ampères) (Voy. fig. 1106), accouplées directement avec quatre machines à vapeur compound de 500 chevaux.

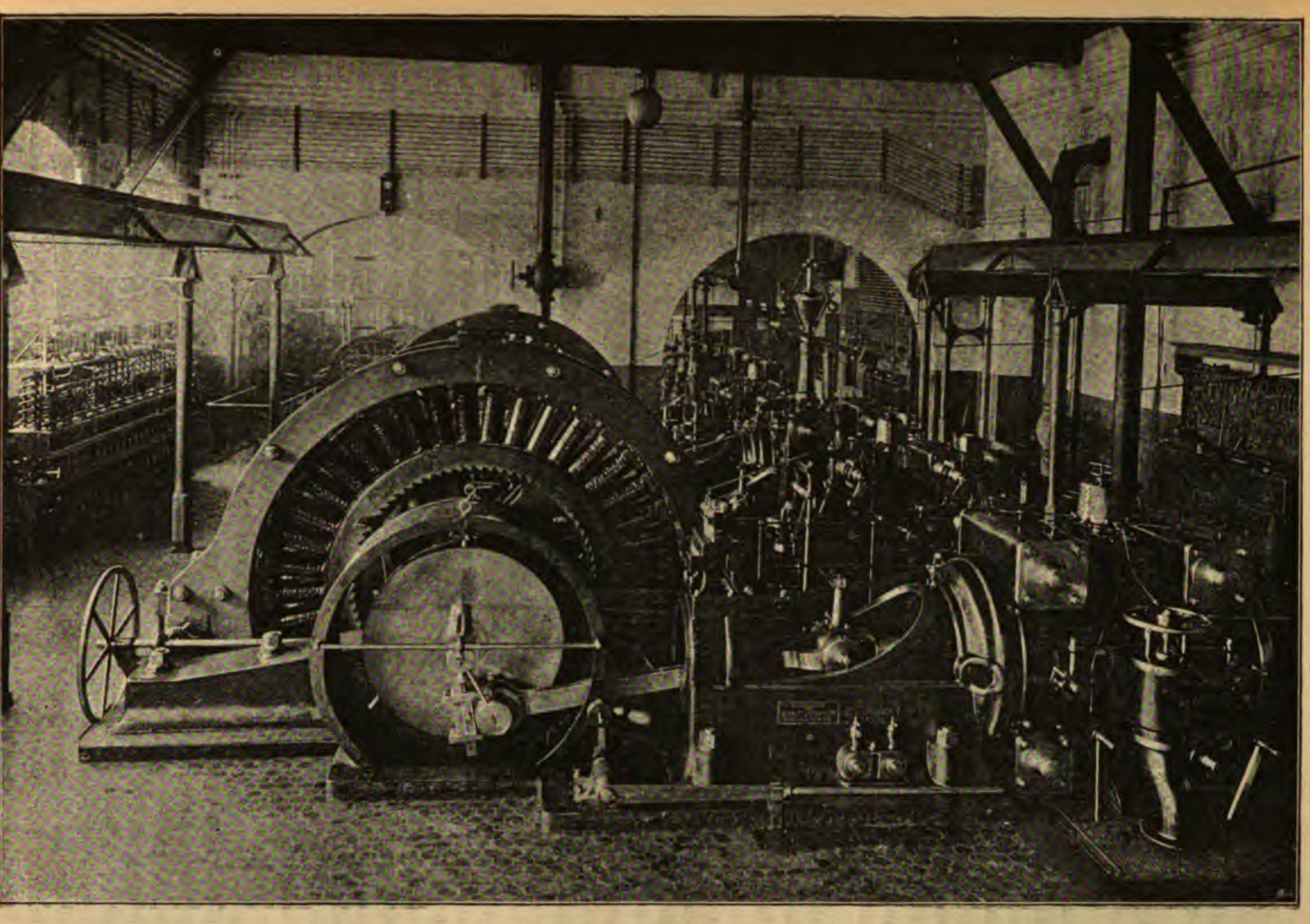


Fig. 1115. — Station centrale de Rome. (Ganz et Cie.)

Toutes ces machines sont à courants alternatifs.

En outre, trois dynamos type A (Voy. fig. 1102) servent à entretenir le champ magnétique des grandes machines ; les deux petites sont auto-excitatrices.

Quatorze chaudières tubulaires inexplosibles, d'une force de 164 chevaux chacune, alimentent les moteurs à vapeur.

Pour plus de commodité, la station a été installée en dehors de la ville, à proximité du Tibre et près des ruines du Colisée. Elle occupe un bâtiment d'environ 1500 mètres carrés, qui fait suite à l'usine à gaz. Elle peut alimenter jusqu'à 24000 lampes de 16 bougies ; celles qui sont installées actuellement équivalent à 17000 lampes de cette puissance ; il y a notamment 220 lampes à arc de différentes grandeurs.

La figure 1115 représente l'intérieur de la station : on voit au premier plan l'une des dynamos de 320000 watts et le moteur de 500 chevaux qui l'actionne.

Le courant primaire est distribué dans la ville par trois câbles concentriques, c'est-à-dire contenant les deux conducteurs, dont l'un forme l'âme conductrice et l'autre constitue une couche concentrique, séparée du premier par une enveloppe isolante. Ces câbles principaux ou feeders ont une section de 2 × 220 millimètres carrés chacun. Cette division de la ligne en trois parties évite la difficulté de fabriquer et de poser des câbles de grande section ; de plus, les inconvénients résultant d'une rupture ou d'un accident sur l'un des câbles se trouvent beaucoup moins graves que si le courant total était transporté par un câble unique. Ces trois câbles sont réunis au tableau de distribution de l'usine et alimentés par des machines couplées parallèlement. Les conducteurs de distribution sont branchés sur ces feeders.

Toutes les machines, tant les grandes entre elles que les petites avec les grandes, sont couplées parallèlement, malgré les différences que présentent leur construction et leur nombre de tours, qui est de 12 pour les grandes et de 250 pour les petites. On met en marche une ou plusieurs machines, suivant la consommation.

La force électromotrice du courant est de 1950 volts ; à cause de la perte dans les conducteurs, la différence de potentiel n'est plus que de 1750 volts en arrivant aux transformateurs, dans le cas du travail maximum. La perte est plus faible pour des courants moindres.

La société du gaz fait payer 80 centimes par heure pour chaque lampe à arc, et 8 centimes pour chaque lampe à incandescence.

Station centrale de Marienbad. — Cette station, qui assure depuis le 30 mai 1889 l'éclairage électrique de Marienbad, a été construite par la ville elle-même, propriétaire de l'établissement thermal, et qui l'exploite pour son propre compte. On avait compté à l'origine sur une consommation de 35 régulateurs de 12 ampères, 14 lampes à incandescence de 16 bougies et 40 lampes de 32 bougies pour l'éclairage public et 1200 lampes à incandescence pour l'éclairage privé. Mais, durant l'exécution des travaux d'installation, les demandes affluèrent de la part des particuliers en si grand nombre qu'on dut songer immédiatement à agrandir l'usine, et à ajouter un quatrième groupe de machines et de chaudières aux trois groupes projetés primitivement.

Le bâtiment qui renferme les appareils mécaniques et électriques est situé sur le terrain de la gare, à 2 kilomètres environ de Marienbad : il se compose d'un bâtiment en briques élevé seulement d'un rez-de-chaussée et ayant une surface de 600 mètres carrés. Ce bâtiment est divisé en deux parties par une cloison : la première renferme les machines, la seconde les chaudières.

Cette usine contient quatre machines électriques, actionnées directement par des machines à vapeur. Les machines à lumière sont des dynamos à courants alternatifs du système Zipernowsky, à excitatrices séparées, d'une puissance de 50000 watts chacune. Elles font 500 tours par minute et exigent chacune environ 80 chevaux-vapeur. L'une d'elles sert de rechange. Elles sont actionnées par des machines à vapeur Westinghouse, auxquelles elles sont réunies directement par des manchons d'accouplement flexibles.

L'excitation est produite par trois dynamos à courant continu, dont une sert encore de rechange. Elles ont une puissance de 3000 watts chacune et sont actionnées par les machines à vapeur au moyen de courroies, réglables à l'aide d'appareils spéciaux de tension.

La vapeur est produite par quatre chaudières de la maison Ringhoffer, de Smichov, près Prague, dont l'une sert de réserve. Ce sont des chaudières à contre-courant à bouilleurs, donnant une pression de 7 atmosphères et munies de garnitures complètes de sûreté ; elles sont alimentées par des pompes à vapeur fournissant chacune 9000 litres d'eau par heure.

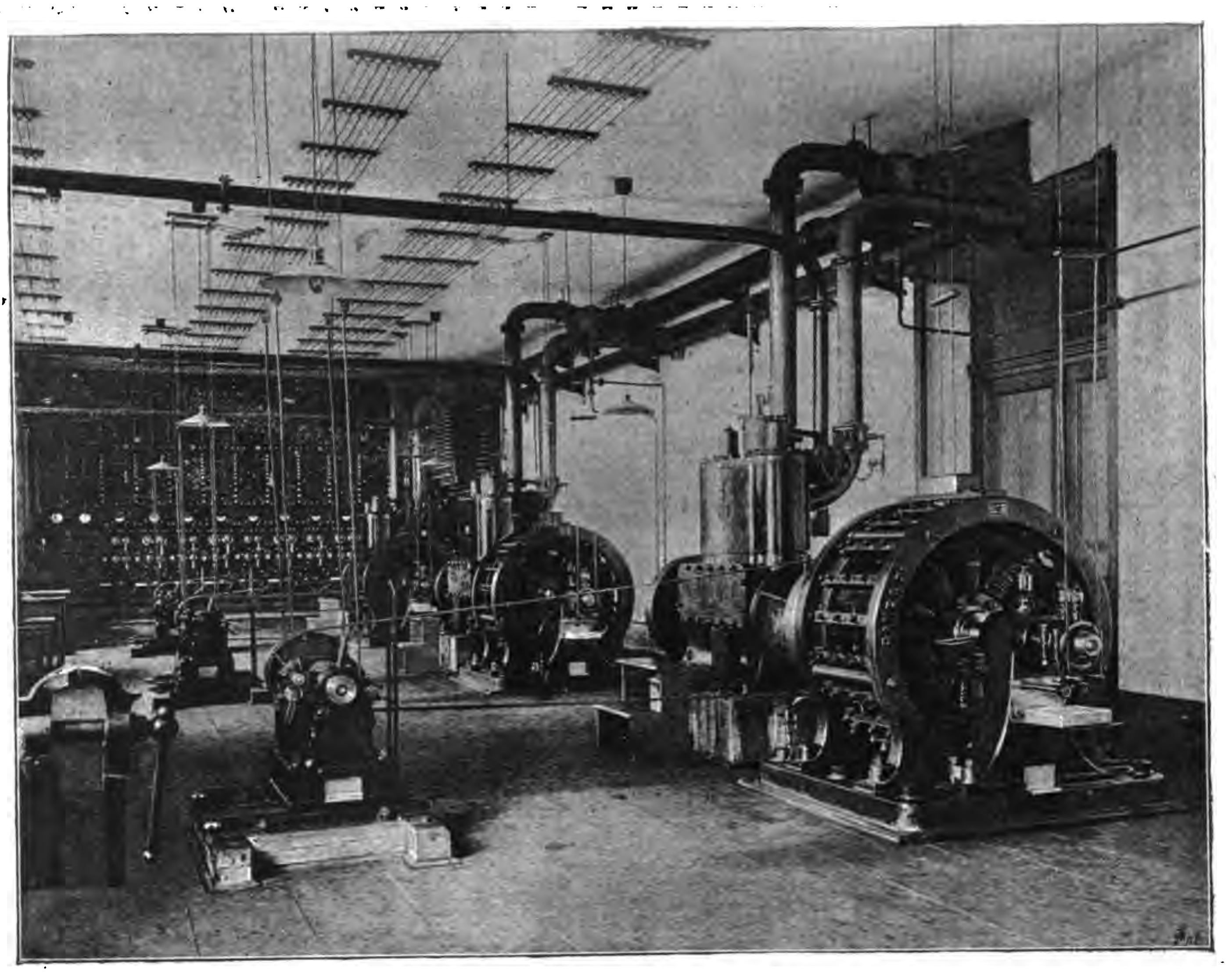


Fig. 1116. — Station centrale de Marienbad.

L'une des pompes à vapeur peut puiser l'eau dans un puits situé dans la salle des chaudières et la refouler dans un réservoir, tandis que l'autre pompe subvient à l'alimentation des chaudières. Les deux pompes peuvent alterner. Trois injecteurs sont en réserve pour l'alimentation des chaudières; l'un des injecteurs est adapté à l'une d'elles. Un réservoir de fer, placé dans la salle des chaudières, sert de bassin de réserve. On a établi aussi, pour plus d'économie, un réchauffeur d'eau d'alimentation, chauffé au moyen de l'échappement, de sorte que l'eau sous pression atteigne environ 70° C. On a prévu en outre des purgeurs d'eau de condensation et des séparateurs d'eau, de fonctionnement automatique. Les tuyaux chauds sont revêtus d'un bon isolant pour la chaleur.

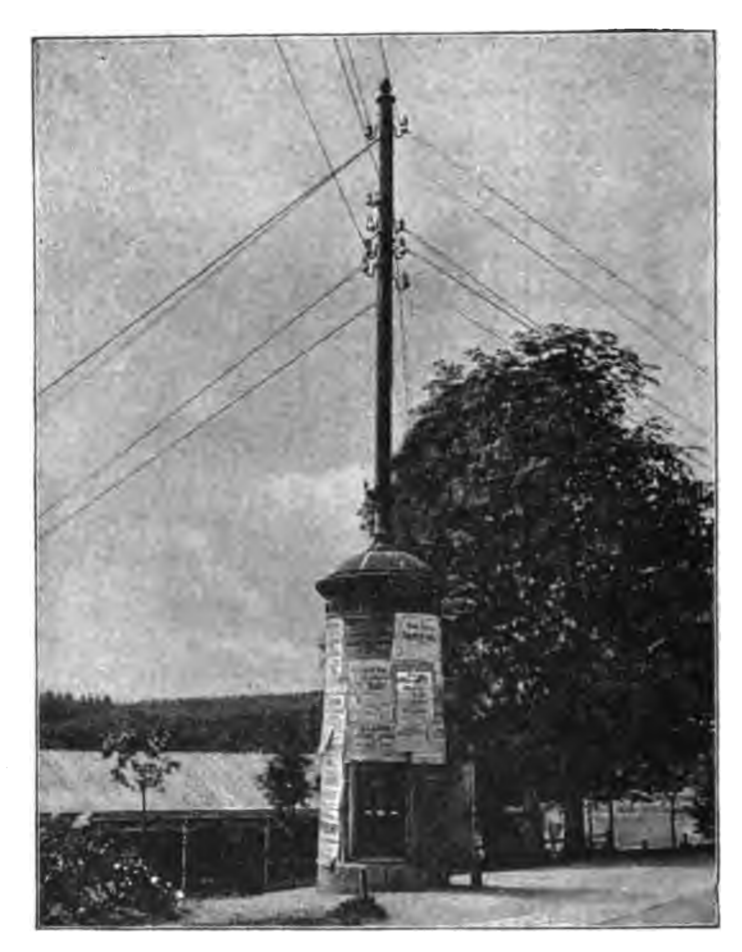


Fig. 1117. — Colonne pour transformateur à Marienbad.

La figure 1116 montre l'intérieur du bâtiment des machines. On aperçoit trois groupes de machines. Les dynamos à lumière et les moteurs à vapeur se voient à droite; les excitatrices, actionnées par courroies, sont à gauche. Le fond de la salle est occupé par le tableau de distribution.

Les conducteurs électriques qui transmettent le courant sont aériens et supportés par des mâts espacés de 30 mètres. Hors de la ville, ces mâts sont constitués par de simples poteaux télégraphiques. Dans la ville, on a cherché à leur donner un aspect plus élégant.

Le courant est amené à des transformateurs Zipernowsky, qui à leur tour alimentent les régulateurs et les lampes à incandescence. Les transformateurs destinés à l'éclairage public sont placés dans des colonnes de publicité, surmontées d'un support pour les conducteurs (fig. 1117), ou sur des colonnes ornées, à socle

de fonte, dans des cages de tôle munies de toits et de gouttières. Ceux qui servent à l'éclairage privé sont disposés, soit sur des mâts en bois, soit à l'intérieur des maisons, dans des locaux secs pouvant être fermés. Ils sont tous montés sur des plaques de fer.

Les conducteurs secondaires sont portés par des supports semblables à ceux qui soutiennent les fils primaires.

Les régulateurs et les lampes à incandescence sont tous montés en dérivation, et peuvent être mis facilement hors circuit. Des paratonnerres à plaques sont intercalés en divers endroits. Les lampes à arc servant à l'éclairage public sont portées par des colonnes en fonte (fig. 1118), surmontées d'un abat-jour horizontal, et munies d'une applique latérale pour lampe à incandescence. Après minuit, les régulateurs sont éteints et remplacés par les lampes à incandescence, au nombre de 60. En hiver, on n'emploie que ces dernières.



Fig. 1118. — Colonne pour l'éclairage public à Marienbad.

L'éclairage particulier comprend actuellement 1800 lampes à incandescence et 48 régulateurs, répartis entre 59 abonnés.

Stations centrales de Livourne, d'Alzano Maggiore, d'Innsbruck. — Ces trois stations sont également montées d'après le système Zipernowsky.

La première, installée par la Société Édison de Milan, fonctionne depuis le 29 septembre 1888. Elle comprend trois machines à courants alternatifs de 80000 watts (2000 volts et 40 ampères), faisant 250 tours par minute, et accouplées directement avec leurs machines à vapeur. Elles sont excitées par deux dynamos à courant continu type A; une troisième sert de rechange. Les trois machines à courants alternatifs sont accouplées parallèlement. La vapeur est fournie par des générateurs Babcox-Wilcox.

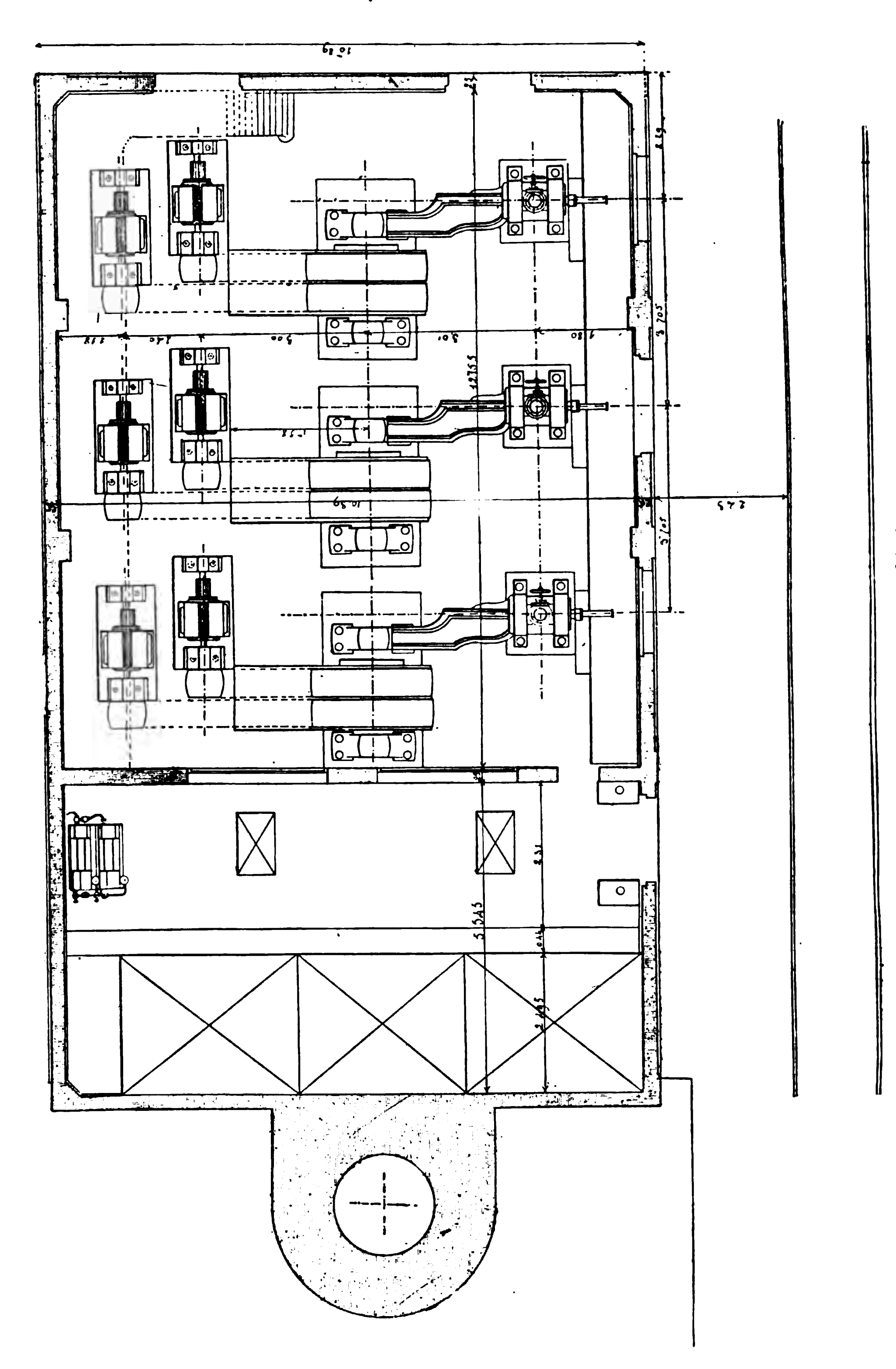


Fig. 1110. — Plan de l'usine électrique de la gare Saint-Lazare.

Le nombre des lampes Édison installées en avril 1889 équivalait à 1235 lampes de 16 bougies, dont 1120 au plus brûlent en même temps. L'exploitation commence une heure avant le coucher du soleil et s'arrête une heure avant son lever.

Alzano Maggiore est une petite ville dans le voisinage de Bergamo, dans la Valle Seriana, située dans une des parties les plus riches en industrie de la Lombardie. Le grand nombre de chutes d'eau qui distinguent cette contrée en fait un terrain très favorable pour l'installation d'usines électriques pour l'éclairage et la distribution de la force.

La *Società Alzanese di Elettricità* s'est formée en 1889 pour exploiter une chute d'eau située à 2 kilomètres d'Alzano et pour transformer son énergie en lumière et en force motrice. L'installation a été faite par la Société générale italienne d'électricité système Édison.

Une chute d'eau de 128 mètres de hauteur actionne deux turbines qui sont couplées directement avec deux machines à courants alternatifs, du système Zipernowsky, type A (Voy. fig. 1106). Ces machines ont une puissance de 50000 watts (2000 volts × 25 ampères). Elles sont actionnées par deux dynamos à courant continu type Δ, qui reçoivent le mouvement des arbres des turbines par l'intermédiaire de courroies. Un troisième groupe de machines est en voie d'installation.

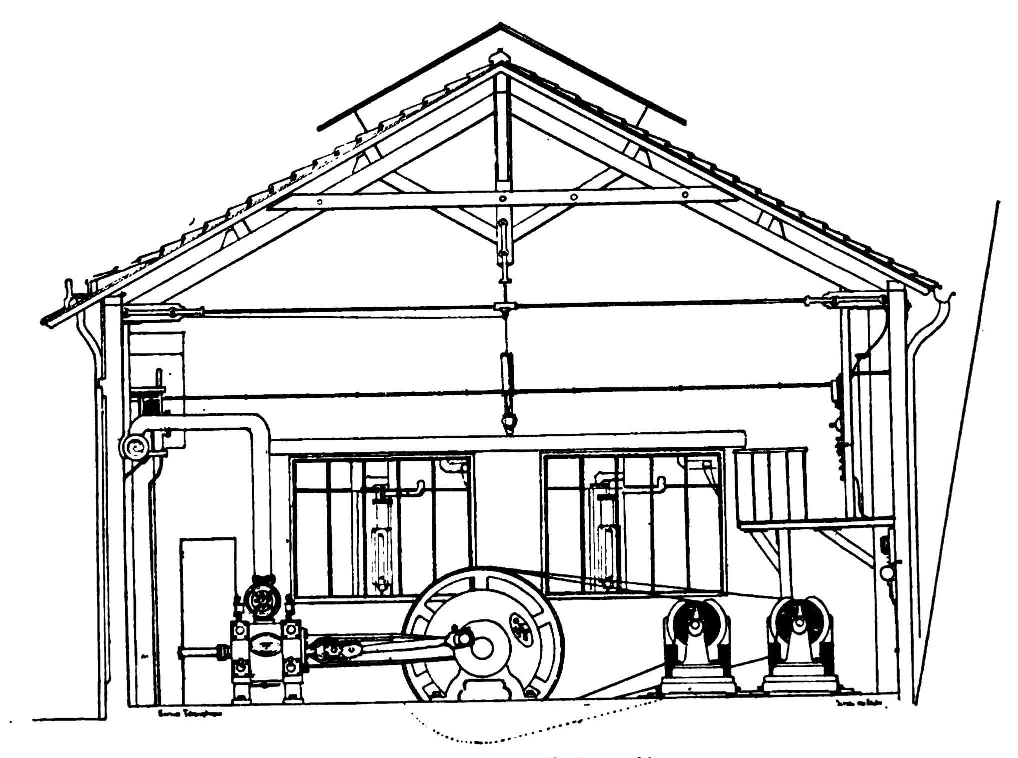


Fig. 1120. — Coupe de la salle des machines.

Les lampes employées, qui sont de puissance variable, consomment environ 32000 watts, ce qui correspond à 600 lampes à incandescence de 16 bougies. La distribution de force motrice correspondra à environ 60 chevaux.

La station centrale d'Innsbruck a été installée par la *Augsburger Gasgesellschaft*, propriétaire de l'usine à gaz de la ville, avec le concours de MM. Ganz et C[ie] de Budapest, d'après le système Zipernowsky. Elle a été mise en exploitation le 17 août 1889 : la force motrice est fournie par une chute colossale, située à 3 kilomètres, dans la Mülhauerklamm. Une faible partie seulement de cette chute est amenée par des tuyaux dans la station centrale, où deux turbines de 125 chevaux actionnent deux machines à courants alternatifs Zipernowsky, de 80000 watts chacune. Ces machines sont excitées par 2 dynamos à courant continu, type Δ 2, et produisent chacune un courant de 40 ampères et 2000 volts.



nale de 140 chevaux, tourne à 180 tours par minute, alimentant directement par courroie les deux dynamos dont la vitesse de rotation est de 500 tours par minute, leur débit maximum étant de 450 ampères avec une différence de potentiel de 105 volts aux bornes.

En raison de l'exiguïté du local, on a augmenté considérablement la largeur des courroies pour compenser le peu de distance des axes des dynamos aux arbres des machines à vapeur.



Fig. 1122. — Détails d'un groupe de machines (d'après une

des trois groupes de machines. La figure 112 montre une coupe verticale faite transversale ment dans la salle des machines; on y voi parfaitement tous les détails de l'un des grou pes, la machine à vapeur à gauche et les deu dynamos à droite. Au-dessus de ces dernière se trouve la galerie qui porte le tableau d permutation. Deux ouvertures placées au fon laissent apercevoir l'intérieur de la salle de chaudières.

Les deux figures suivantes montrent l'int rieur de la salle des machines d'après des ph tographies. La première représente en pers

nale de 140 chevaux, tourne à 180 tours par minute, alimentant directement par courroie les deux dynamos dont la vitesse de rotation est de 500 tours par minute, leur débit maximum étant de 450 ampères avec une différence de potentiel de 105 volts aux bornes.

En raison de l'exiguïté du local, on a augmenté considérablement la largeur des courroies pour compenser le peu de distance des axes des dynamos aux arbres des machines à vapeur.

L'enroulement compound des dynamos présente cette particularité que les deux électros sont alimentés parallèlement par le circuit principal, c'est-à-dire qu'au lieu de recevoir le courant total ils en reçoivent chacun la moitié.

Cette usine est représentée en plan et en élévation dans les figures 1119 et 1120. La première montre le plan de l'usine entière; à gauche, la salle des chaudières, à droite celle des machines ; on voit dans cette dernière la position

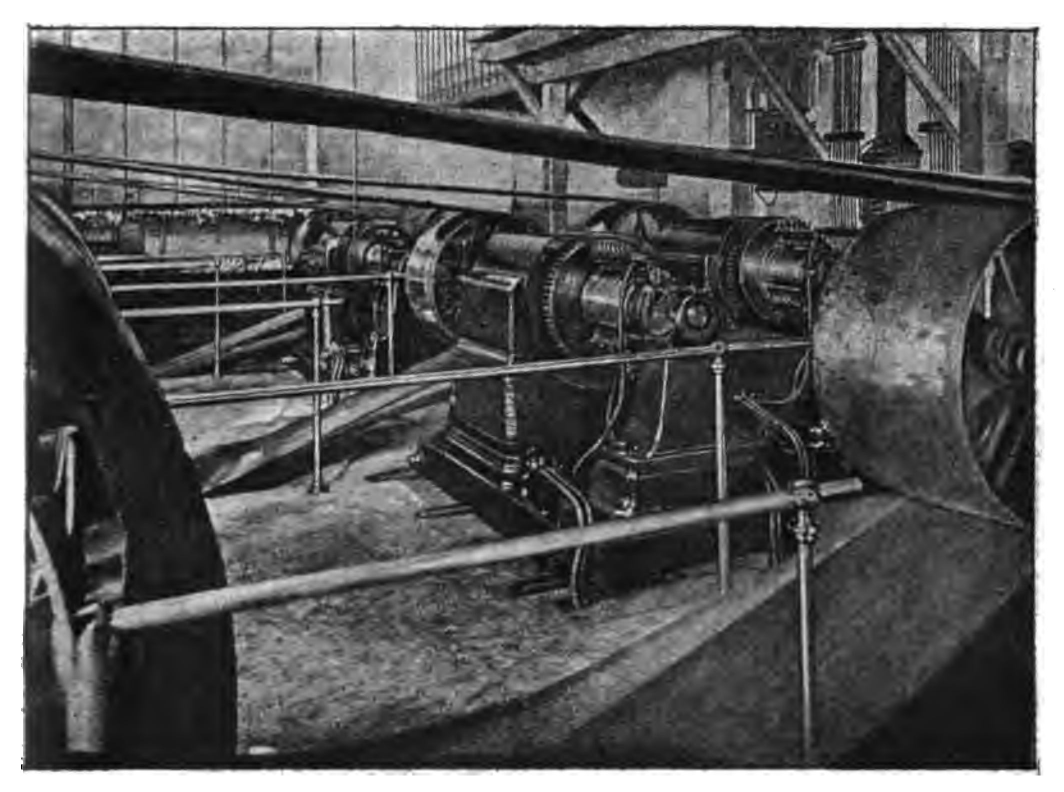


Fig. 1122. — Détails d'un groupe de machines (d'après une photographie communiquée par la compagnie du chemin de fer de l'Ouest).

des trois groupes de machines. La figure 1120 montre une coupe verticale faite transversalement dans la salle des machines; on y voit parfaitement tous les détails de l'un des groupes, la machine à vapeur à gauche et les deux dynamos à droite. Au-dessus de ces dernières se trouve la galerie qui porte le tableau de permutation. Deux ouvertures placées au fond laissent apercevoir l'intérieur de la salle des chaudières.

Les deux figures suivantes montrent l'intérieur de la salle des machines d'après des photographies. La première représente en perspective une partie de la coupe de la figure 1120; on y voit surtout l'aspect des dynamos, et, sur la galerie formant étage, on distingue les détails du tableau de permutation; les ouvertures du fond montrent l'intérieur de la salle des chaudières. La figure 1122 représente avec plus de détails un groupe de machines.

Le tableau de permutation, placé dans l'usine, est divisé en quatre parties distinctes correspondant chacune à l'une des dynamos qui doivent marcher en temps normal. Le courant y est amené par de gros câbles en cuivre isolés et sous plomb (fig. 1123).

Ce tableau est destiné :

1° A mettre les dynamos normales en circuit;

2° A les remplacer en cas d'avarie par les machines de secours ;

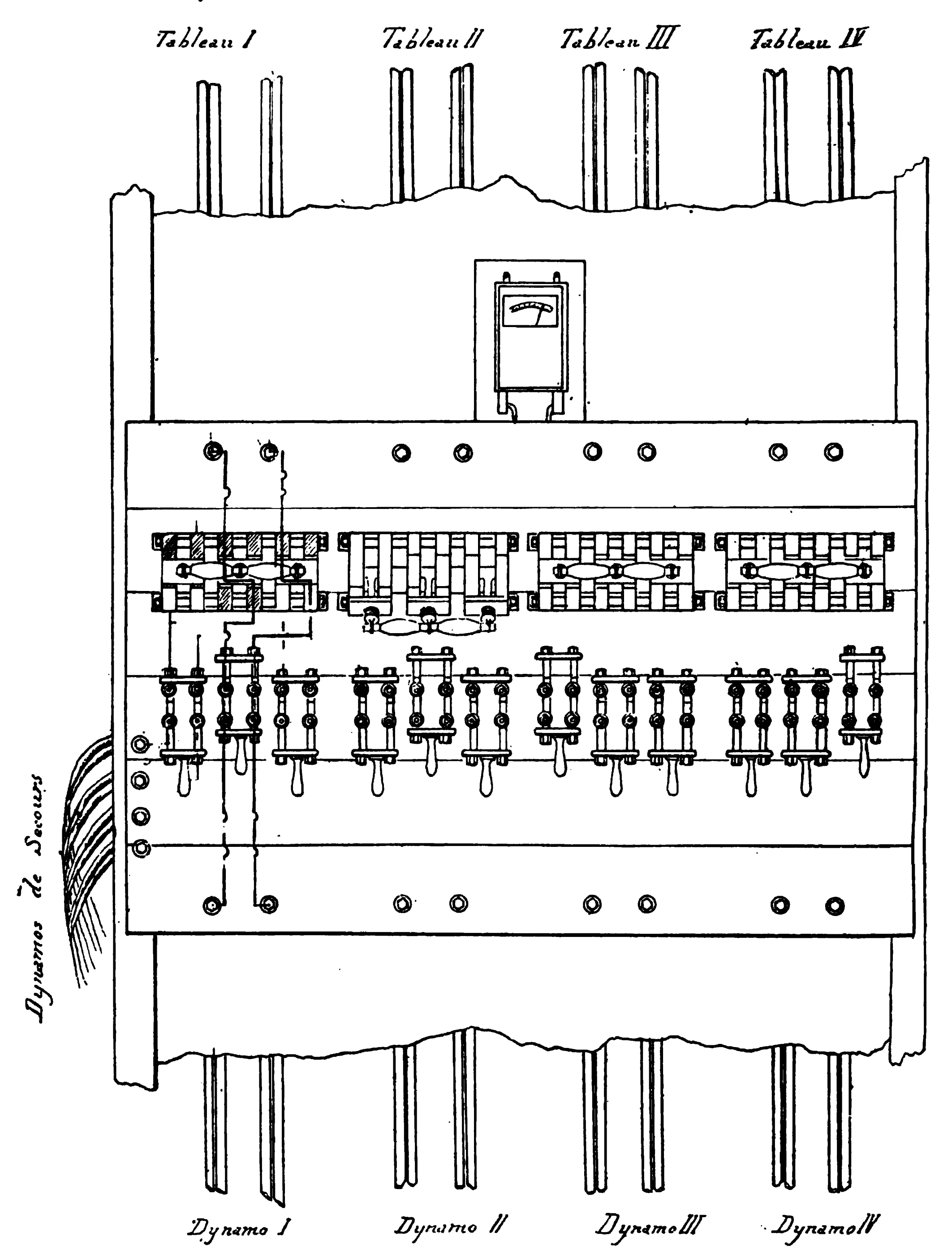


Fig. 1123. — Schéma du tableau de permutation de l'usine électrique de la gare Saint-Lazare.

3° A mesurer à volonté le débit des dynamos sans modifier la marche ordinaire du courant.

Les deux premières conditions sont remplies au moyen d'une première série de commuta-

teurs que le courant traverse d'abord en venant des dynamos et qu'on voit au bas du tableau. Il passe ensuite par les commutateurs à disques dits « de prise de courant », qui sont placés au-dessus des premiers (type créé spécialement pour la gare Saint-Lazare). Ces commutateurs peuvent prendre trois positions différentes :

1° Poignées horizontales. — Le courant est dirigé dans le circuit extérieur;

2° Poignées abaissées. — Le courant passe

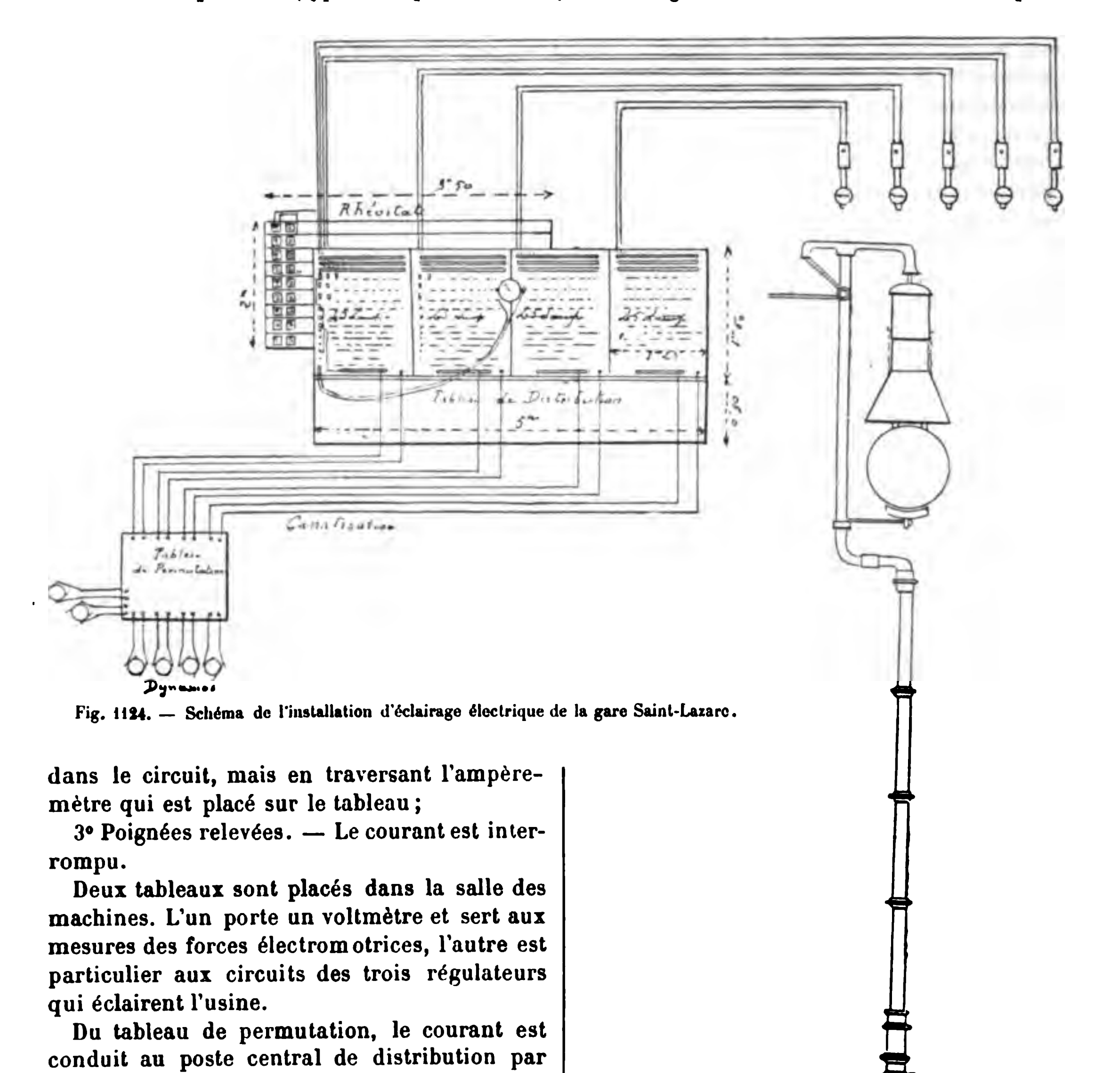


Fig. 1124. — Schéma de l'installation d'éclairage électrique de la gare Saint-Lazare.

dans le circuit, mais en traversant l'ampèremètre qui est placé sur le tableau ;

3° Poignées relevées. — Le courant est interrompu.

Deux tableaux sont placés dans la salle des machines. L'un porte un voltmètre et sert aux mesures des forces électromotrices, l'autre est particulier aux circuits des trois régulateurs qui éclairent l'usine.

Du tableau de permutation, le courant est conduit au poste central de distribution par une série de gros câbles passant dans les égouts de la gare. Ces câbles, au nombre de 16 (8 pour l'aller et 8 pour le retour), sont en cuivre de haute conductibilité, fortement isolés et sous plomb dans le tiers du parcours.

Afin de faciliter le maniement de ces câbles, chacun est composé de deux conducteurs ayant chacun 200 mm.² de section soit 400 mm.² par câble; cette disposition est adoptée également pour les conducteurs qui réunissent les bornes des dynamos au tableau de permutation.

Le poste central de distribution est situé près des salles d'attente, à 720 mètres de l'usine électrique, avec lequel il est relié par téléphone. Il est à regretter que l'usine n'ait pu trouver sa

Fig. 1125. — Candélabre en fonte pour l'éclairage des espaces découverts.

place au centre des locaux à éclairer, car la perte de charge qui en résulte est d'environ 20 volts.

Le tableau principal de distribution est divisé en quatre parties identiques, correspondant aux dynamos normales. Chaque partie est disposée pour 45 régulateurs de 5 ou 8 ampères. Tous les régulateurs, étant montés en dérivation, ont par conséquent chacun un circuit spécial aboutissant au tableau de distribution. On voit cette disposition sur la figure 1124, qui représente l'ensemble des communications. On perçoit au bas le tableau de permutation, qui est représenté en détail dans la figure précédente et au-dessus le tableau de distribution. Le dessin montre en outre les circuits aboutissant à chacun des régulateurs, et les communications qui relient les diverses parties de l'installation.

Chaque régulateur nécessite les appareils suivants :

1° Un coupe-circuit à fil fusible ;

2° Une prise de fil pour l'ampèremètre ;

3° Un commutateur pour l'allumage ou l'extinction ;

4° Un indicateur magnéto-optique de fonctionnement ;

5° Un rhéostat de réglage.

Les 4 premiers appareils, ainsi que l'ampèremètre, sont fixés sur le tableau. Les rhéostats sont placés derrière et occupent un panneau spécial.

Deux tableaux plus petits sont destinés l'un aux 11 lampes de 8 ampères et l'autre aux 7 lampes de 30 ampères, qui éclairent la salle des Pas-Perdus. Sur ce dernier, les appareils sont de dimensions plus grandes, en raison de la forte intensité du courant.

Les fils sortent du poste de distribution et sont amenés aux régulateurs en passant dans des caniveaux en bois placés sur les toits, et supportés par des tubes en fer livrant passage aux conducteurs dans les endroits voulus. Un système particulier de suspension permet de lever et d'abaisser les régulateurs sans interrompre le circuit.

Pour les espaces découverts, les suspensions sont remplacées par des candelabres en fonte (fig. 1125) ; les globes ont un diamètre plus grand ; les fils conducteurs sont en bronze siliceux de 2 et 3 millimètres de diamètre, isolés sur porcelaine. La hauteur des foyers au-dessus du sol est généralement de 4,10 m.

Un petit poste de distribution, spécial à 16 régulateurs qui éclairent le dessus du pont de l'Europe et les voies au delà des quais, est installé près des messageries ; la disposition des appareils est la même que celle adoptée pour le poste central.

L'installation générale est complétée par un laboratoire de photométrie situé dans les sous-sols de la gare.

On a vu que la perte de charge est de 20 volts entre l'usine et le tableau de distribution. Le voltmètre accuse 90 volts aux bornes des dynamos. La différence de potentiel est donc de 70 volts aux bornes d'arrivée du tableau de distribution ; elle n'est plus que de 50 volts aux bornes des lampes. On a par conséquent une perte de charge totale de 40 volts sur 90. Le rendement est sensiblement supérieur à 50 p. 100.

T

TAXE TÉLÉGRAPHIQUE. — Le 12 janvier 1891, le Ministre du commerce a fait signer un projet de loi portant approbation des tarifs télégraphiques arrêtés dans la conférence télégraphique internationale de Paris, le 21 juin 1890, et des arrangements particuliers conclus avec l'Allemagne, la Belgique, le Luxembourg, les Pays-Bas, la Russie et la Suisse.

Ces arrangements présentent de nombreux avantages pour le public.

C'est ainsi que la taxe télégraphique est abaissée :

Pour la Russie, de 60 à 40 cent. par mot ; pour l'Allemagne, de 20 à 15 cent. ; pour la Suède, de 35 à 30 cent. ; pour la Belgique et la Suisse, de 15 à 12 cent. 1/2 ; pour les Pays-Bas, de 20 à 16 cent. 1/2 ; pour le Luxembourg, de 12 1/2 à 10 cent. ; pour l'Autriche-Hongrie, de 25 à 20 cent. ; pour le Sénégal, de 2 fr. 50 à 1 fr. 50.

Les mots composés compteront pour un mot. De plus, on pourra recevoir communication des télégrammes par téléphone. La remise sera faite au destinataire seul. Les avis de non-re-

mise seront gratuits. Les télégrammes urgents auront un droit de priorité. Le remboursement sera obligatoire pour les mots non employés. Enfin, le vocabulaire international sera composé de 200 000 mots.

TAXE TÉLÉPHONIQUE. — Nous ajouterons aux renseignements déjà donnés le texte d'un décret récent (novembre 1890), qui a créé, pour les heures de nuit, un tarif de conversation à prix réduit dans le service de la correspondance téléphonique interurbaine.

Art. 1er. — Il est créé, pour les heures de nuit, un tarif de conversation à prix réduit dans le service de la correspondance téléphonique interurbaine.

Art. 2. — Ce tarif est fixé, par unité de conversation téléphonique interurbaine et par 100 kilomètres ou fraction de 100 kilomètres de distance entre les points reliés par la ligne téléphonique, à 30 centimes pour les conversations ordinaires et à 20 centimes pour les conversations par abonnement.

Art. 3. — L'abonnement comporte l'usage quotidien et à heure fixe d'une période de conversation de 5 minutes par un circuit spécialement désigné.

La durée de l'abonnement est d'un mois au moins; elle se prolonge de mois en mois par tacite reconduction. L'abonnement peut être résilié de part et d'autre, moyennant avis donné cinq jours à l'avance.

Art. 4. — Les abonnés obtiennent la communication au moment précis arrêté de commun accord, à moins qu'il n'y ait une conversation engagée entre deux autres personnes. Les minutes inutilisées dans une séance ne peuvent être reportées à une autre séance.

Toutefois, si la non-utilisation est due à une interruption de service, la compensation est, autant que possible, accordée à l'abonné dans la même soirée.

Art. 5. — Il n'est fait aucun décompte de taxe à raison d'une interruption de service d'une durée de moins de vingt-quatre heures. Passé ce délai de vingt-quatre heures, il est remboursé à l'abonné, pour chaque période nouvelle de vingt-quatre heures, un trentième (1/30) du montant de l'abonnement.

Art. 6. — Les circuits sur lesquels il pourra être fait application du tarif réduit et les heures pendant lesquelles les conversations pourront être échangées sous ce régime seront déterminées par arrêté ministériel.

Art. 7. — Le Ministre du commerce, de l'industrie et des colonies est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au *Journal Officiel et au Bulletin des Lois.*

Fait à Paris, le 31 octobre 1890,

Signé : Carnot.

TÉLÉGRAPHIE. — M. de Baillehache a imaginé récemment un appareil qui permet d'appeler tel poste que l'on veut sur une ligne par un seul fil; cet appareil est une modification de son télégraphe imprimeur, employé au Crédit Lyonnais et à la Société générale pour la transmission des cours de bourse, ainsi que dans certains champs de tir de l'armée et à l'école d'Athènes.

Le manipulateur se présente sous la forme employée par les appareils à cadran, mais il opère par inversion de courant, au moyen d'une double godille mise en mouvement par une roue sinueuse, au centre de laquelle est fixée la manette.

Les branches de la godille viennent alternativement toucher le pôle positif et le pôle négatif de la pile. Une couronne isolée, placée au centre du plateau, communique avec le récepteur.

Quand la manette touche cette couronne par l'intermédiaire du ressort qui y est fixé, c'est-à-dire pendant tout le temps de la rotation, le courant est envoyé sur la ligne, mais, quand elle est au repos, c'est-à-dire engagée dans un des crans du pourtour, le courant est interrompu. C'est à ce moment qu'a lieu l'impression de la lettre et, dans le cas qui nous occupe, le déclenchement de la sonnerie locale, au poste appelé.

Le récepteur d'appel se présente sous la forme d'un récepteur à cadran ordinaire. Il est composé d'un mouvement d'horlogerie, dont le barillet porte une roue dentée qui commande par une série de roues et de pignons le jeu de l'arbre, qui porte d'un côté (face à l'opérateur) l'aiguille du cadran, de l'autre (derrière l'appareil) la roue des types ou, comme nous le verrons plus loin, une aiguille rigide destinée à assurer un contact, au moment où un poste de la ligne est appelé.

On distingue dans le récepteur deux échappements : l'un produit l'impression et est commandé par la culasse mobile de l'électro-aimant. Celle-ci est maintenue contre l'électro-aimant en attraction constante pendant le passage des courants et n'est rejetée en arrière, en pivotant sur deux vis à pointe, qu'au moment où la manette du manipulateur, entrant dans un cran de la couronne, interrompt le courant : l'autre échappement commande directement l'aiguille et permet à la palette d'avant de vibrer sous l'influence des courants inverses, lancés pendant la rotation de la manette.

Cette palette de l'échappement de l'aiguille d'avant est soumise à l'action du pôle d'un aimant placé sous le récepteur : elle change de sens, à chaque inversion de courant produite par le manipulateur, et oscille librement.

Ceci posé, supposons plusieurs appareils montés en embrochage sur une même ligne avec terres aux extrémités.

Si on a supprimé sur la roue des types toutes les lettres en saillie, sauf la lettre E par exemple, et qu'en manipulant on arrête la manette dans chaque cran du pourtour de la couronne isolée, le déclenchement du levier d'impression aura lieu chaque fois que le courant sera interrompu, mais l'impression n'aura lieu qu'à la lettre E, parce que le levier d'impression frappera dans le vide à chaque lettre, sauf à la lettre E, cette lettre restant seule en saillie.

Ceci admis, si on a une série de postes à appeler, le premier (A) aura en saillie la lettre A sur la roue des types : le 2e (B) la lettre B, le 3e (C) la lettre C et ainsi de suite (étant supposé qu'une lettre appelée corresponde au nom d'un poste).

On conçoit facilement maintenant comment on peut produire l'appel dans tel ou tel poste.

La lettre en saillie sur la roue des types dans un poste est en blanc, c'est-à-dire en creux dans tous les autres récepteurs, où elle a été supprimée. Elle vient donc, dans le poste appelé, fermer un circuit local, au moment où le déclenchement du levier d'impression se produit, parce que deux lames de ressort représentant les extrémités de la ligne locale où est intercalée une pile capable d'actionner la sonnerie d'appel du poste, sont serrées entre la saillie de la roue des types et le levier d'impression, tant que la lettre en saillie demeure en face du bras de levier d'impression, c'est-à-dire pendant la position de repos de la manette du manipulateur.

Dans tous les autres postes, l'aiguille du cadran tournera, marquera le poste appelé à cause de l'arrêt produit, mais l'appel ne se produira pas, parce que les deux lames, quoique sollicitées à se toucher par le levier, ne rencontreront pas la lettre en saillie destinée à assurer mécaniquement le contact.

Pratiquement on peut remplacer la roue des types par une simple aiguille rigide, bien repérée et légèrement recourbée, décrivant la même révolution que la lettre en saillie. Elle est montée par un petit cylindre, avec vis de réglage, sur le même axe que l'aiguille du cadran, et par conséquent elles tourneront ensemble avec un angle variable dans chaque récepteur, c'est-à-dire dans l'appareil de chaque gare placée sur le même fil, toutes les gares ayant pour les désigner une lettre différente. Les deux mouvements sont solidaires ; l'aiguille du cadran indique la lettre, c'est-à-dire le poste appelé : l'autre aiguille assure par son contact le fonctionnement de la sonnerie de ce poste appelé.

Cette seconde aiguille fait l'effet de la saillie d'une lettre de la roue des types.

Dans une révolution de 360°, elle ne rencontrera les lames de ressort qui ferment le circuit local qu'en une seule position : c'est alors que la sonnerie du poste qu'on veut appeler tintera d'une façon continue, le circuit local étant fermé par la rencontre des lames de ressort isolées et pressées l'une contre l'autre entre deux points momentanément fixes, le levier d'impression d'une part et l'aiguille rigide ou saillie d'une dent, d'autre part.

Quant au montage en ligne, c'est aux administrations appelées à employer cet appareil à juger si elles doivent ne se servir que de la sonnerie pour l'appel des postes placés sur une même ligne ou si elles désirent en même temps utiliser la lecture au cadran pour la transmission de leurs dépêches.

Grâce au principe de l'invers on, cette sorte de télégraphe avec appel de poste direct est sans réglage.

La sonnerie d'appel peut aussi être utilisée pour accélérer les communications à établir entre les postes déjà pourvus de leurs appareils, parce qu'en affectant deux fils, l'un direct, spécial aux sonneries d'appel et par conséquent indépendant, l'autre « omnibus », allant de gare en gare, les agents chargés du service télégraphique dans les stations intermédiaires sauraient de suite le moment précis où une ligne est occupée par la transmission de dépêches (leur cadran d'appel indiquant le poste appelé) et le moment où la dépêche se trouve terminée, puisque la gare qui a demandé la ligne, en remettant son appareil à la croix (on suppose que cette gare a son récepteur dans le circuit, comme contrôle de la dépêche qu'elle transmet (même montage qu'au Crédit Lyonnais pour la transmission en simultané des cours de bourse), rappellerait en même temps à la croix tous les récepteurs d'appel placés sur le fil direct, à l'aide de la manette du manipulateur, qui est ramené au point initial, c'est-à-dire à la position d'attente.

Le nombre d'éléments de piles nécessaire, quand les récepteurs d'appel se trouvent multipliés sur un même fil, n'est pas proportionnel au nombre de postes et dépend du reste de la manière dont les lignes sont installées, soit que les appareils travaillent en embrochage avec la terre aux deux extrémités, soit qu'ils soient placés en dérivation, avec des résistances

utiles pour équilibrer la ligne, de telle sorte que les piles trouvent, dans les stations intermédiaires, autant que possible, une même résistance équivalente à la longueur des lignes.

La mise en service faite depuis douze années dans les bureaux du Crédit Lyonnais et de la Société générale, avec les appareils imprimeurs, démontre les avantages que l'on peut obtenir au point de vue de la sûreté des transmissions avec des appareils à inversion de courant et, comme on l'a vu, les récepteurs d'appel sont des récepteurs imprimeurs, dont les organes sont similaires, mais avec des fonctions beaucoup moins complexes.

Il est bon d'ajouter que dans le cas où une même dépêche devrait être rapidement communiquée à plusieurs postes à la fois, l'appel peut être fait simultanément dans tous ces postes et la dépêche leur arrivera en une seule transmission.

Il y a donc aussi économie de temps, et les administrations comme l'État ont intérêt à alléger les poteaux d'une partie des fils de ligne qui les surchargent et à activer la transmission de leurs dépêches, par la suppression si lente des communications directes à demander de gare en gare.

THÉATRE (applications de l'électricité au). — Nous avons indiqué plus haut, notamment à l'article *Éclairage*, les principales applications de l'électricité, soit à l'éclairage des salles de théâtre, soit aux effets de mise en scène. Nous avons également signalé les bijoux lumineux de M. Trouvé et le flambeau électrique du ballet d'Ascanio. Nous ferons connaître encore quelques dispositions nouvelles.

Une des installations les plus récentes est celle de l'*Auditorium* de Chicago, qui a été terminée en 1888, et qui formera certainement une des attractions de l'Exposition universelle de 1893. L'éclairage est fourni par 10 machines dynamo-électriques, actionnées chacune par un moteur; il comprend 3 500 lampes à incandescence pour la salle, et 6500 pour les communs, qui renferment notamment un hôtel pour les voyageurs.

L'électricité contribue largement aussi aux effets de scène. Le chef d'orchestre a sous la main un *écho électrique*, qui se répercute dans les cintres à une hauteur de 30 mètres. L'organiste dispose de 117 registres et de 7124 tuyaux d'orgue, que l'électricité lui permet de manœuvrer avec une précision absolue.

A l'Auditorium, l'éclairage électrique est encore utilisé pour produire d'une manière très simple divers effets de scène très intéressants.

La lune est représentée par un disque translucide, que six lampes à incandescence éclairent par derrière. Des bobines de résistance permettent de faire varier l'intensité du courant et par suite l'éclat lumineux du disque.

Pour d'autres effets, notamment pour les nuages et les horizons transparents, on se sert d'une toile de fond transparente, qu'on éclaire par derrière au moyen d'une lanterne électrique, analogue à celles des fig. 233 et 235. On peut donner à cette lanterne montée sur rails un recul suffisant pour qu'elle éclaire la toile entière. Les effets à produire n'ayant ordinairement qu'une durée très courte, on peut faire usage d'une lampe électrique très simple, complètement dépourvue de mécanisme régulateur.

On place alors devant la lampe un disque transparent, qu'on fait tourner lentement autour de son centre à l'aide d'une manivelle, et sur la périphérie duquel sont peints, avec des couleurs transparentes, les nuages ou autres objets qu'on veut représenter. Cette partie du disque passe seule dans le champ de l'appareil, et l'image des objets peints se projette sur la toile de fond et la traverse lentement. On peut même faire varier les teintes en interposant devant le disque des plaques de verre peintes de couleurs convenables.

Le mouvement des vagues est imité en faisant passer devant la lampe deux plaques de verre portant des ondulations et se déplaçant en sens contraire.

Pour imiter les éclairs, on fait tourner de même devant la lampe un disque sur lequel on a représenté différentes formes d'éclairs. Un second disque, opaque et percé de deux trous voisins, tourne devant le premier. Il est mû par la même manivelle que le premier, à l'aide d'un pignon, dont le nombre de dents est calculé de façon à multiplier la vitesse dans le rapport voulu. Dans sa rotation rapide, ce disque démasque successivement chaque éclair peint sur le premier, seulement lorsque l'un des deux trous passe devant le dessin. Chaque éclair est donc vu deux fois de suite, pendant deux instants très courts et très rapprochés. On imite parfaitement ainsi la rapidité d'apparition et l'espèce de tremblement ou de vacillation qui accompagne les éclairs naturels.

Nous signalerons enfin une curieuse application de l'électricité faite récemment à l'*Union Square Theatre* de New-York, pour représenter une course de chevaux, dans une pièce



intitulée *The County Fair* (La Foire du comté).

Tout l'appareil fonctionne à l'aide de moteurs électriques placés dans les dessous, tandis qu'un autre moteur électrique commande le mouvement du rideau. A la fin du troisième acte, on fait la nuit pendant quelques instants, puis on rallume brusquement les lampes électriques. On aperçoit alors des chevaux courant de gauche à droite sur le devant de la scène; les chevaux se déplacent réellement, mais, pour produire l'illusion d'une course rapide, la toile de fond fuit rapidement vers la gauche, ainsi qu'une palissade placée à 4 mètres en avant des chevaux et qui les sépare du public. Le décor et la palissade se déplacent exactement avec la même vitesse. A la fin de la course, on voit au fond la tribune du jury et l'un des chevaux, se détachant peu à peu du groupe, gagne d'une encolure.

L'illusion est complétée par un ventilateur placé à droite de la scène, qui envoie un courant d'air destiné à secouer les crinières des chevaux, enfler les casaques des jockeys et soulever un nuage de poussière.

Tous ces mouvements sont dus à des moteurs électriques. La palissade est implantée dans une courroie sans fin, qui se déplace vers la gauche. La toile du fond s'enroule de droite à gauche sur un tambour commandé par un engrenage d'angle. Les chevaux sont montés sur des bandes sans fin qui peuvent recevoir des vitesses différentes. Vers la fin de la course, on augmente un peu la vitesse du cheval qui doit gagner.

Un tableau de distribution, placé sur le plancher de la scène, permet de faire commander toutes les manœuvres par une seule personne.

FIN DU SUPPLÉMENT.

6065-90. — CORBEIL. Imprimerie CRÉTÉ.

6802-90. — Corbeil. Imprimerie Crété.

L'ÉLECTRICITÉ A LA MAISON

Par Julien LEFÈVRE

[illegible]

1 vol. in-16 de [illegible] pages, avec [illegible] fig. (*Bibliothèque des connaissances utiles*) : cartonné . . . . 4 fr.

[illegible]

LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE

PILES, ACCUMULATEURS, MAGNÉTOS ET DYNAMOS, RÉGULATEURS, BOUGIES, LAMPES
CANALISATION ET DISTRIBUTION, APPLICATIONS

Par L. MONTILLOT

[illegible]

1 vol. in-16 de [illegible] pages, avec 190 figures (*Bibliothèque scientifique contemporaine*) . . . . . . 3 fr. 50

On trouvera dans ce volume un exposé complet de toutes les questions relatives à la lumière électrique, sa production, sa distribution et ses applications.

LA TÉLÉGRAPHIE ACTUELLE

EN FRANCE ET A L'ÉTRANGER

LIGNES, RÉSEAUX, APPAREILS, TÉLÉPHONES

Par L. MONTILLOT

[illegible]

1 vol. in-16 de [illegible] p., avec [illegible] fig. (*Bibliothèque scientifique contemporaine*) . . . . . . 3 fr. 50

[illegible]

PHÉNOMÈNES ÉLECTRIQUES DE L'ATMOSPHÈRE

Par Gaston PLANTÉ

[illegible]

1 vol. in-16 de [illegible] pages, avec [illegible] figures (*Bibliothèque scientifique contemporaine*) . . . . . . 3 fr. 50

[illegible]

L'ÉLECTRICITÉ APPLIQUÉE A L'ART MILITAIRE

Par le colonel GUN

1 vol. in-16 de [illegible] pages, avec 140 fig. (*Bibliothèque scientifique contemporaine*) . . . . . . 3 fr. 50

[illegible]

TRAITÉ EXPÉRIMENTAL D'ÉLECTRICITÉ

ET DE MAGNÉTISME

Par J.-E.-H. GORDON

[illegible]

TRADUIT DE L'ANGLAIS, ET ANNOTÉ PAR M. J. RAYNAUD

[illegible]

Avec le concours de M. SELIGMANN-LUI, ingénieur des télégraphes

Précédé d'une introduction par M. A. CORNU, membre de l'Institut, professeur à l'École polytechnique

2 volumes in-8 de 700 pages chacun, avec [illegible] planches et [illegible] figures . . . . [illegible]

[illegible]

[illegible] — Imprimerie [illegible]